



Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de  
Montes

Máster en Ingeniería de Montes



Trabajo Fin de Máster

## DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE NUEVAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN BASE MADERA

**Autora:** Soledad Montilla Moreno

**Titulación:** Máster en Ingeniería de Montes

**Directores:** Dra. Marta Conde García  
Dr. José Antonio Tenorio Ríos

## Agradecimientos

Al trabajo de Teresa Carrascal, Pilar Linares, Enrique Larrumbide y Mariana Linares, pertenecientes a la Unidad del CTE, del IETcc CSIC.

A mis directores, Marta y José Antonio, por su dedicación en todo momento.

Y a todos los que han hecho posible este proyecto, en una medida u otra.

## Resumen y Palabras Clave

El creciente interés por la madera se está haciendo cada vez más evidente en los últimos años. Arquitectos e ingenieros están cada vez más receptivos en cuanto a su uso debido a los valores asociados a la sostenibilidad. La madera además de ser un magnífico material de construcción es renovable y procede de montes certificados. Consumir madera en la construcción supone una forma clara de lucha contra el cambio climático. El presente Trabajo Profesional se desarrolla ligado al Proyecto Grupo Operativo Construcción Madera Sostenible “Herramienta inteligente para la selección de productos de madera destinados a la construcción”, que tiene como fin facilitar la prescripción de productos de madera en el sector de la construcción. En este trabajo se pretende (1) proporcionar información sobre productos de madera de la construcción y establecer una vinculación con soluciones constructivas, (2) aportar nuevas soluciones constructivas en base a madera, (3) caracterizarlas mediante datos técnicos fiables y definir sus prestaciones. Se establece una clasificación jerárquica de soluciones constructivas de la que se obtiene 40 soluciones de cubierta, 12 de fachada, 8 forjados y 24 particiones verticales. De estas se elaboran 24 fichas de soluciones constructivas con detalles técnicos de elementos constructivos, materiales y prestaciones. Además, se lleva a cabo una revisión de productos de madera en la construcción que permite obtener un análisis completo de las soluciones constructivas y los elementos de madera que las componen. Esto podrá ayudar a la elección de productos de madera por parte del sector de la construcción.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Madera, Soluciones constructivas, Productos tipo, Construcción sostenible

The growing interest in wood is becoming increasingly evident in recent years. Architects and engineers are receptive to their use due to the values associated with sustainability. In addition to being a magnificent building material, wood is renewable and comes from certified forests. Consuming wood in construction is a clear way to fight climate change. This Professional Work is carried out linked to the Sustainable Wood Construction Operational Group Project "Smart tool for the selection of wood products for construction", which aims to facilitate the prescription of wood products in the construction sector. This work aims to (1) provide information on construction wood products and establish a link with constructive solutions, (2) provide new constructive solutions based on wood, (3) characterize them through reliable technical data and define their performance. A hierarchical classification of constructive solutions is established from which 40 roof solutions, 12 facade, 8 slabs and 24 vertical partitions are obtained. Of these, 24 sheets of constructive solutions are elaborated with technical details of constructive elements, materials and features. In addition, a review of wood products in the construction is carried out that allows to obtain a complete analysis of the constructive solutions and the wooden elements that compose them. This may help the choice of wood products by the construction sector.

**Keywords:** Sustainability, Wood, Construction solutions, Type products, Sustainable construction

## Índice de contenidos

1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	5
3. Productos de madera .....	6
4. Estudio previo: soluciones constructivas en base madera incluidas en el Catálogo de elementos constructivos del CTE .....	11
5. Propuesta de nuevas soluciones constructivas .....	15
5.1. Sistema jerarquizado de clasificación .....	15
5.2. Soluciones de tipo cubierta .....	22
5.3. Soluciones de tipo fachada .....	37
5.4. Soluciones de tipo forjado horizontal .....	40
5.5. Soluciones de tipo partición .....	42
6. Aspectos clave en el análisis de soluciones .....	49
6.1. Definición de Materiales .....	49
6.2. Salubridad .....	52
6.3. Ahorro de energía .....	56
6.4. Protección frente al ruido .....	58
6.5. Fuego .....	59
7. Fichas de soluciones constructivas .....	65
8. Conclusiones y líneas futuras de trabajo .....	67
9. Bibliografía .....	70
 Anexo I .....	 74



## 1. Introducción

Según los datos aportados por el Fondo para la Población de las Naciones Unidas (FPNU, 2019), la población mundial actual supera los 7700 millones de personas y se prevé un crecimiento que, aunque con un ritmo más pausado que el precedente, desemboque en una cifra de población de más de 8.500 millones de personas para 2030 y 9.700 millones para el año 2050. Este crecimiento conlleva un crecimiento paralelo del sector de la construcción. De este modo, según el World Green Building Council, se espera que en los próximos 40 años se construyan sobre 230 miles de millones de metros cuadrados de edificios de nueva construcción a nivel mundial, que sería el equivalente a añadir la superficie de todo París una vez a la semana (World Green Building Council, Report 2017).

Este ritmo de crecimiento trae de forma consecuente problemas ambientales de carácter severo. El sector de la construcción es uno de los que más influye en el proceso de cambio climático global en el que nos vemos inmersos. Este aporta, tanto directa como indirectamente, el 39 % de las emisiones de efecto invernadero a la atmósfera a nivel mundial (World Green Building Council, Report 2017), teniendo en consideración para este dato edificios, construcción y fabricación de materiales y productos para la construcción de edificios.

Afortunadamente, existen oportunidades para acabar con esta situación y poder lograr un escenario en el que la contribución del sector de la construcción al incremento del cambio climático se reduzca significativamente, llegando a ser mínima. Es en este punto en el que la construcción “verde” entra en juego. Según la Fundación de Energía Renovables, un edificio “verde” es una construcción sostenible que utiliza materiales naturales, rechaza el uso de sustancias tóxicas en la fabricación de los materiales de construcción, limita los impactos negativos del hábitat humano en el medio ambiente y reduce el consumo de energía.

En cuanto al uso de materiales naturales, el sector forestal actual tiene la posibilidad de ofrecer numerosas soluciones para alcanzar este escenario.

Desde el principio de los tiempos los recursos forestales han sido de gran importancia para el hombre. El bosque es proveedor de una gran cantidad de recursos, pero entre ellos destaca la madera como material. La madera es un recurso natural que ha tenido un papel fundamental en historia del ser humano, se ha utilizado como combustible para mantener encendido el fuego que proporcionaba luz y calor, para cocinar, fabricar utensilios y armas para la guerra y la caza y también para construir sus primeras casas.

Aún en la actualidad, a pesar del dominio y descubrimiento de otros muchos materiales, la madera sigue teniendo un peso muy importante debido a sus propiedades características (fácil de trabajar, baja densidad, dureza, flexibilidad, estética agradable, mal conductor

del calor y la electricidad). Entre sus principales usos destaca la fabricación de mobiliario, obtención de productos derivados como papel y cartón, fabricación de utensilios, juguetes, etc., su uso como combustible y decorativo, y cómo material de construcción.

En este último la madera se alza como material clave para reducir el impacto ambiental ligado al sector de la construcción anteriormente citado. La madera como recurso es el material renovable de mayor relevancia (Bowyer, 1995) Esto se debe fundamentalmente a su bajo coste de obtención, ciclo de vida y reciclabilidad, sumidero de CO<sub>2</sub>, etc. (Vivir con Madera, AITIM, 2010).

A continuación, se repasa brevemente cuales son las principales ventajas de la madera como material:

**Bajo coste de obtención:** frente a la obtención de otros materiales, la madera necesita muy poca energía en su extracción y transformación. En una situación global en la que se prevé que la energía será un bien escaso esta característica de la madera es un factor clave en su desarrollo futuro.

**Ciclo de vida y reciclabilidad:** la madera puede reciclarse con facilidad, tras sus usos consecutivos los productos de madera pueden ir transformándose en otros menos nobles, pero no por ello menos útiles. Por ejemplo, tras el uso de la madera en tablonos esta puede ser triturada para tableros de partículas o fibras, se puede obtener pasta de celulosa para papel de periódico, etc. Finalmente, cuando ya no se pueden aprovechar más, la madera puede ser quemada para obtener energía. Esta combustión devuelve a la atmósfera el mismo CO<sub>2</sub> que secuestró, por lo que se dice que el ciclo de carbono de este material es prácticamente neutro. El uso de madera en construcción retrasa en muchos años la emisión de este gas a la atmósfera.

**Motor de empleabilidad:** el impulso de la madera como material asegura el mantenimiento y preocupación por los bosques. La población rural ligada al territorio forestal maderero se verá muy beneficiada por todas las labores que este aprovechamiento requiere, suponiendo un impulso económico para estas zonas rurales. Además, numerosas PYMES involucradas en el proceso de aprovechamiento, transformación o venta pueden verse beneficiadas.

**Material renovable y sostenibilidad:** la madera a diferencia del resto de materiales, se regenera continuamente de manera natural y relativamente rápida. Este material se considera sostenible siempre y cuando detrás de su aprovechamiento haya una gestión forestal adecuada. De la necesidad de catalogar la madera como un material sostenible surgieron los sistemas de certificación forestal, que se encargan de comprobar que el manejo de los bosques para la extracción de productos se hace de manera adecuada.

**Sumidero de CO<sub>2</sub>:** es bien sabido que el efecto invernadero se debe a un exceso de la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y causa un aumento de la temperatura global del planeta al impedir que la radiación que entra a la tierra salga. La energía se mantiene mucho más tiempo en la superficie de la tierra y de esta manera se incrementa su

temperatura, de igual modo que ocurre en el interior de un invernadero. El papel de los bosques es fundamental para solucionar este problema. Las plantas y algas fotosintéticas son los únicos seres vivos capaces de absorber CO<sub>2</sub> atmosférico en O<sub>2</sub>, es decir, transforman grandes cantidades del principal gas responsable del efecto invernadero y lo transforman en otro que no lo produce. Es por este motivo que las grandes masas boscosas superficiales (al igual que las marinas) contribuyen enormemente a poner solución a este gran problema y son denominadas sumideros de CO<sub>2</sub>. Se estima que 7900 millones de toneladas de carbono se emiten cada año a la atmósfera, de las que 6300 millones proceden de combustibles fósiles. Los sumideros actuales son capaces de absorber 4600 millones, lo cual indica que existe un saldo positivo que va contribuyendo cada año al aumento de la cantidad de este gas en la atmósfera (AITIM, 2010).

En la formación de la madera, como material procedente de los bosques, el árbol capta 1 tonelada de CO<sub>2</sub> y desprende 0,7 toneladas de O<sub>2</sub> aproximadamente para producir 1 m<sup>3</sup> de madera (AITIM, 2010). Este aspecto es uno de los principales motivos por el cual se está aventajando hoy en día a la madera como material; es ampliamente aceptado que la madera es un material sostenible y esto solo podría verse enturbiado por la deforestación en el planeta. Pero, contrariamente a lo que se suele creer, existe una relación inversa entre el uso de la madera y la destrucción de los bosques. El mantenimiento adecuado y el incremento de las superficies de bosque son claves para el desarrollo económico de las industrias de la madera.

Todos estos aspectos positivos de la madera como material han fomentado su uso en los últimos años, y de forma paralela se puede observar una respuesta de la industria forestal y maderera en particular. Se ha observado una creciente innovación en los productos en base a madera en los últimos años. Aunque sí que es cierto que la madera contrachapada se viene usando desde hace más de 100 años, y el CLT ha estado en producción desde la década de 1990, la industria de la madera se encuentra en constante innovación para hacer frente a las necesidades medioambientales actuales. Productos con retardantes para fuego, adhesivos de mayor durabilidad y menor impacto medioambiental, aumentar la reciclabilidad de productos, etc. (Clark, D., et al., 2012).

Ante este sector involucrado por la innovación de sus productos, se debe posicionar un sector de la construcción que esté en el mismo punto. Estos productos deben tener una aplicabilidad directa en la construcción, siendo fundamental que se amplíen los conocimientos sobre la construcción con madera, y que se pierda ese cierto temor a lo desconocido cuando se va a construir un edificio con esta. Esto puede deberse en parte al olvido que en los últimos años ha sufrido la madera como material de construcción, quedando casi relegada de manuales constructivos. Un claro ejemplo de esto se da en nuestro país. A pesar de que existen numerosas construcciones tradicionales con madera, el Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación (CTE) no incluye apenas soluciones constructivas comprobadas para ser utilizadas por los constructores.

A esto además se debe añadir la falta de comunicación entre el sector de la madera y el de la construcción y el desconocimiento del material, contribuyendo a la dificultad de prescripción de los productos ante el temor de no conocer cómo se utilizan y qué características deben tener para cumplir las prestaciones necesarias.

Ante este panorama, surge el Proyecto Grupo Operativo Madera Construcción Sostenible “Herramienta inteligente para la selección de productos” con el objetivo de posicionar en el mercado los productos de madera para la construcción por sus valores técnicos y ambientales. Para ello el Grupo Operativo persigue:

- Proporcionar información y datos técnicos fiables sobre productos de madera para facilitar la prescripción.
- Demostrar mediante información ambiental la excelencia de la madera como material de construcción en relación con los valores asociados a la sostenibilidad.
- Proporcionar una herramienta para la transmisión de la información de las características técnicas y ambientales de productos de madera para la construcción.

La labor del Grupo Operativo ha sido llevada a varios congresos, entre los que se puede destacar el XV Congreso Latinoamericano de Patología de Construcción y XVII Congreso de Control de Calidad en la Construcción. En este se exponen parte de los resultados obtenidos en el presente Trabajo Fin de Máster y que se su vez forman parte del contexto del Grupo Operativo Madera Construcción Sostenible. La comunicación, con título: “Soluciones constructivas en madera. Protección y durabilidad ligada al diseño.”, vincula la relación entre el diseño de soluciones constructivas y la durabilidad en edificios con estructuras de madera. (Conde et al., 2017)

En este contexto se encuadra este trabajo profesional, que abarca la parte técnica del proyecto en cuanto a productos de madera y soluciones constructivas. También se toma como antecedente el trabajo realizado por (Conde et al., 2017) para el 7º Congreso Forestal Español, en el que se detalla la metodología a utilizar en casos de vinculación de elementos constructivos de madera y los productos que pueden ser utilizados para cada caso.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio profesional es facilitar el acceso a la información sobre madera en la construcción, consiguiendo así fomentar el uso de la madera y productos derivados de esta como materiales de construcción.

Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una revisión de familias de productos técnicos de la madera destinados a la construcción, que permita establecer un vínculo con los materiales utilizados en soluciones constructivas en base madera.
- Aportar nuevas soluciones constructivas disponibles en base madera, ampliando el conjunto de soluciones constructivas en base madera incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos asociado al Código Técnico de la Edificación. Se pretende que este conjunto de nuevas soluciones abarque en la mayor medida posible las necesidades constructivas existentes en el mercado actual.
- Caracterización detallada de las soluciones constructivas propuestas mediante datos técnicos fiables, a la vez que se definen y analizan sus prestaciones básicas en lo referente a acústica, salubridad, prestaciones energéticas y comportamiento ante el fuego.

Los objetivos planteados son muy ambiciosos, ya que el número de soluciones constructivas obtenidas puede ser muy elevado. Se propone acotar el estudio en profundidad de estas a 6 soluciones constructivas de cubierta, 10 de fachada, 4 forjados y 4 particiones verticales.

### 3. Productos de madera

Resulta fundamental, de forma previa a establecer soluciones constructivas con madera, disponer de un conocimiento amplio de la variabilidad productos que ofrece el sector y con los que se trabajará para llevar a término las soluciones definidas.

En el mercado existe una gran cantidad de productos derivados de la madera destinados a la construcción. En este trabajo se consideran las diferentes familias de productos de madera, clasificadas según el grado de desintegración que sufre la madera para la fabricación de los diferentes productos (Fuentes: *Conde García M. Temario Tecnología e Industria de la Madera, 2019*; y *Fernández-Golfín et al, 2011*).

A continuación, se enumeran las distintas familias de productos y los productos genéricos derivados de la madera incluidos en cada una de las familias consideradas:

Madera maciza.

- Madera aserrada de sección rectangular.
- Madera de sección circular.

Madera modificada

- Madera termotratada
- Madera acetilada
- Madera furfurilada

Derivados de la madera aserrada.

- Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)
- Perfiles de laminación vertical: Dúos y tríos
- Madera laminada encolada
- Tableros de madera maciza multicapa (SWP)
- Tableros contralaminados (CLT)

Derivados de chapas de madera.

- Tableros microlaminados (LVL)
- Perfiles microlaminados (LVL)
- Tableros contrachapados
- Perfiles de chapas de madera (PSL)

Derivados de virutas, partículas y fibras.

- Tableros OSB
- Perfiles de virutas (LSL, OSL)
- Tableros de partículas
- Tableros de fibras de densidad media (MDF)
- Tableros de fibras duros (HB)
- Tableros de fibras semiduros (MBH)

## Tableros de fibra aislante

En este trabajo se ha hecho una descripción de los principales productos genéricos de cada una de las familias de productos, de acuerdo con la normativa existente aplicable a cada uno de los productos.

### ***Madera maciza.***

#### **Madera aserrada de sección rectangular.**

La madera aserrada para uso estructural ha sido utilizada tradicionalmente en construcción y constituye gran parte de las estructuras de nuestro patrimonio histórico, de ahí su importancia no solo en obra nueva sino también en rehabilitación.

Se entiende por madera aserrada estructural aquellas piezas de madera aserrada de sección rectangular que han sido clasificadas estructuralmente por alguno de los procedimientos reconocidos en la normativa tanto por sistemas visuales (UNE-EN 1912 y UNE-EN 14081-1) como mediante sistemas automáticos (UNE-EN 14081-2).

#### **Madera de sección circular.**

La madera de sección circular para uso estructural es una pieza procedente de la madera en rollo, la cual ha sufrido una transformación habitualmente de descortezado y posterior cilindrado. Estas piezas son utilizadas generalmente en usos rurales, construcciones rústicas, usos agroforestales, etc.

### ***Madera modificada***

#### **Madera termotratada.**

La madera termotratada es una pieza de madera maciza procedente de la madera aserrada sometida a un tratamiento térmico a alta temperatura (185-212°C). No siendo apta para uso estructural. Los empleos más comunes suelen ser en fachadas, suelos de jardín y piscinas, contraventanas, etc.

#### **Madera acetilada.**

La madera acetilada es un producto procedente de la madera aserrada, en la que se realiza un tratamiento en autoclave que impregna a la pieza de madera maciza con anhídrido acético. Entre las principales aplicaciones se encuentran las construcciones al exterior, tales como puentes y pasarelas, fachadas, elementos de carpintería, suelos al exterior o mobiliario urbano.

### **Madera furfurilada.**

La madera furfurilada es un producto derivado de la madera maciza procedente de la madera aserrada, la cual se modifica mediante un tratamiento en autoclave con alcohol furfurílico. Este producto es utilizado en fachadas y suelos al exterior principalmente.

### ***Derivados de la madera aserrada.***

#### **Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH).**

Madera maciza empalmada longitudinalmente es un perfil laminado constituido por piezas rectas de sección rectangular obtenidas por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente. En el mercado este producto se conoce como KVH, siendo su principal destino el uso estructural.

#### **Perfiles de laminación vertical: Dúos y tríos.**

Los dúos y tríos son productos derivados de la madera maciza obtenidos por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente y posterior encolado de las 2 o 3 caras de las piezas empalmadas longitudinalmente que integran la pieza final según se trate de dúo o trío. Las aplicaciones de estos perfiles son las mismas que la madera aserrada estructural y la madera maciza empalmada longitudinalmente. La caracterización y determinación de sus propiedades resistentes exige que sean utilizados como perfiles de laminación vertical, es decir trabajando las piezas de canto, al contrario que la madera laminada encolada.

#### **Madera laminada encolada (MLE).**

La madera laminada encolada es un producto derivado de la madera, constituido por láminas de madera maciza encoladas en sus caras, estando previamente empalmadas longitudinalmente mediante cola cada una de sus caras. La MLE se utiliza como elementos estructurales en los que la pieza trabaja como perfil de laminación horizontal cuando es utilizado como viga. Su uso se ha generalizado en edificios singulares, tales como polideportivos o centros comerciales, por permitir cubrir grandes luces y emplear piezas curvas. También es muy utilizado en estructuras sometidas a ambientes agresivos, tales como las piscinas climatizadas.

#### **Tableros de madera maciza monocapa y multicapa (SWP).**

Los tableros de madera maciza monocapa denominados también tableros alistados, están constituidos por tablas, tablillas o listones de madera empalmados longitudinalmente mediante por uniones dentadas en sus testas, encoladas a su vez por sus cantos. Los tableros multicapa (generalmente tricapa o sándwich) están formados por capas superpuestas a 90° de piezas de madera encoladas. Estos últimos tableros se



conocen en el mercado estructural como SWP por sus siglas en inglés. Los empleos más comunes son para encofrados y bases de suelos.

#### **Tableros contralaminados (CLT).**

Los tableros contralaminados están formados por capas de madera maciza que se disponen y encolan de forma perpendicular entre sí. Cada capa de madera maciza está compuesta por tablas de madera aserrada clasificadas estructuralmente, unidas lateralmente entre sí con cola, clavos o espigas de madera. Los tableros contralaminados son paneles con función resistente siendo utilizados como forjados, muros y cubiertas.

#### ***Derivados de chapas de madera.***

##### **Tableros y perfiles microlaminados. (LVL).**

La madera microlaminada es un producto fabricado con chapas de madera de 3 mm de espesor, encoladas entre sí paralelamente, aunque puede contener alguna chapa en dirección perpendicular. Su función es estructural, existiendo dos tipos de producto, en forma de perfil si su empleo es como viga o en forma de tablero si su uso es para forjado, cubierta o encofrado. Las características técnicas de ambos productos son diferentes. También es muy utilizado en rehabilitación como refuerzo estructural.

##### **Tableros contrachapados.**

Los tableros contrachapados son productos fabricados con chapas de madera de 2 a 3 mm de espesor, encoladas entre sí perpendicularmente, siempre constituidas por un número impar con un mínimo de 3 chapas. Se usan en aplicaciones estructurales y decorativas de interior y exterior, para proteger estructuras metálicas del fuego, en barcos, suelos de autobuses, cajas de carga en camiones y trenes, etc.

##### **Perfiles de chapas de madera (PSL).**

Los perfiles de chapas de madera están fabricados con recortes de chapas de desenrollo, encolados y orientados en la dirección longitudinal del perfil. Son denominados en el mercado como perfiles PSL. Con un destino estructural, son utilizados como vigas y pilares.

#### ***Derivados de virutas, partículas y fibras.***

##### **Tableros OSB.**

Los tableros OSB se obtienen a partir de virutas de madera orientadas en una dirección y encoladas con adhesivos aptos para uso exterior. Su origen es norteamericano. Se utiliza como producto alternativo al tablero contrachapado.

### **Perfiles de virutas (LSL, OSL).**

Los perfiles de virutas son productos fabricados a partir de virutas de madera de distinto tamaño orientadas en la dirección longitudinal del perfil encoladas con adhesivos estructurales de tipo fenólico, de resorcina o isocianato (OSL). En España se fabrican con virutas de chopo (LSL) y adhesivo de isocianato. Las aplicaciones son estructurales.

### **Tableros de partículas.**

Los tableros de partículas son productos obtenidos a partir del encolado de partículas de madera u otro material leñoso, utilizando presión y temperatura para lograr la forma del tablero y el fraguado del adhesivo. En el mercado son conocidos también como tableros aglomerados, aunque su denominación correcta sería “tableros aglomerados de partículas”. Los empleos son muy variados, para su uso en construcción hay productos específicos para aplicaciones altamente resistentes incluso en medio húmedo, tales como entrevigados de cubierta y forjados, base de suelos, viguetas mixtas o tabiques interiores; recubrimientos de paredes y falsos techos; carpinterías, fundamentalmente hojas de puerta, también elementos lineales como rodapiés, zócalos y tapajuntas; mobiliario de oficina, cocina y baño, así como mobiliario general; otras aplicaciones tales como encofrados, embalajes y prefabricados moldeados.

### **Tableros de fibras.**

Los tableros de fibras están fabricados a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de presión y temperatura, con adición o no de un adhesivo, según los distintos tipos de tableros. Existe una gran variedad según las densidades, tipos de encolado o resistencias mecánicas. Dependiendo de la densidad del tablero se clasifican en: Tableros de fibras de densidad media (MDF), Tableros de fibras duros (HB), Tableros de fibras semiduros (MBH) y Tableros de fibra aislante. Los tableros de densidad media MDF son los más utilizados y habituales en el mercado. Las aplicaciones son múltiples, carpinterías, fundamentalmente puertas, zócalos, rodapiés, tapajuntas, etc.; mobiliario de cocina, baño y oficina y mobiliario general; recubrimiento de paredes y falsos techos, tabiques interiores; suelos laminados; aplicaciones estructurales, entrevigados de cubierta y forjados, base de suelos, viguetas mixtas; y otros usos como embalajes y prefabricados, industria automovilística (tableros de fibra duros), etc.

Los productos genéricos derivados de la madera así definidos, se han tenido en cuenta para el desarrollo de los sistemas constructivos incluidos en el siguiente apartado, estudiando sus características técnicas para ser utilizados bajo las distintas condiciones de uso dentro de los diferentes elementos constructivos.

## 4. Estudio previo: soluciones constructivas en base madera incluidas en el Catálogo de elementos constructivos del CTE

Para comenzar se han analizado las soluciones constructivas en base madera que se detallan en el catálogo de elementos estructurales de Código Técnico de la Edificación. Dentro del conjunto de soluciones constructivas para cubiertas que ofrece el catálogo, únicamente se utiliza la madera como soporte estructural de una de ellas. Son las cubiertas inclinadas de entramado ligero de madera. En este tipo de cubiertas se utiliza como soporte estructural un entramado ligero de madera (MM Montante de madera), además también se incluyen otros elementos de madera como son los rastreles de la cámara de aire ventilada en los que se apoya el revestimiento exterior (RE) y tableros estructurales de madera (TM). En la imagen 1 se muestra una de las variantes de esta solución en base a madera tal y cómo aparece en el Catálogo de Elementos constructivos.

4.2.15 Fachada de entramado estructural de madera, con cámara de aire ventilada						
FACHADA de entramado estructural de madera						
CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA						
RE revestimiento exterior. Elemento con una masa por unidad de superficie $\geq 9,45 \text{ kg/m}^2$ C cámara de aire ventilada con rastreles de madera <sup>(1)</sup> BA barrera contra el agua <sup>(2)</sup> AT aislante HI hoja interior TM tablero de madera MM montante de madera <sup>(2) (3)</sup> Ci cámara interior no ventilada con rastreles de madera YL placa de yeso laminado B barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética						
Código	Planta (mm)	HS	HE	HR <sup>(6)</sup>		
		GI	U <sup>(4)</sup> (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dB <sub>A</sub> )	R <sub>A,br</sub> (dB <sub>A</sub> )	m (kg/m <sup>2</sup> )
F 15.1 <sup>(2) (3)</sup>		5	$1,38/(1,07+R_{AT})$	45	41	$42^{(2)}/45^{(3)}$

Imagen 1. Detalle constructivo entramado ligero de madera del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (Fuente: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE).

Además de esta solución de cubierta, se puede observar tímidamente la incorporación de algún otro producto de madera dentro del actual Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, pero solo volvemos a encontrar a este material formando parte del entramado principal de la estructura, en una solución de fachada y de partición.

A continuación, se muestran todas las soluciones en base a madera que se pueden encontrar en el citado catálogo:

Cubierta inclinada con entramado estructural de madera, ventilada:

*Tabla 1. Soluciones constructivas para cubierta en base a madera incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (Fuente: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE)*

F 15.1	F 15.2	F 15.3
F 15.4	F 15.5	F 15.6

RE: revestimiento exterior; C: cámara de aire ventilada con rastreles de madera; BA: barrera contra el agua; AT: aislante térmico; TM: tablero de madera; MM: montante de madera; Ci: cámara interior no ventilada con rastreles de madera; B: barrera contra el vapor; YL: placa yeso laminado.

Fachada de entramado estructural de madera, con cámara de aire ventilada:

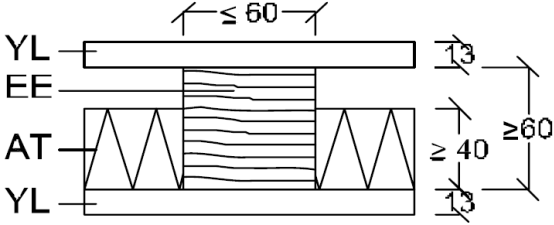
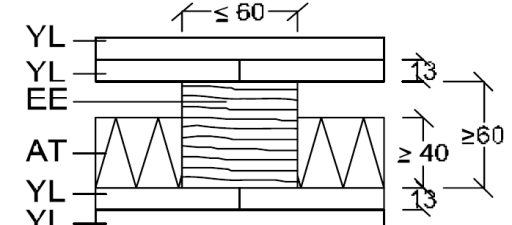
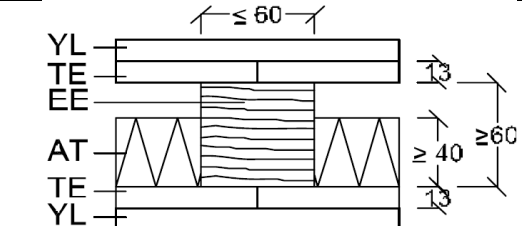
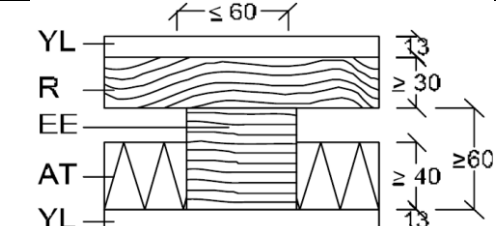
Tabla 2. Soluciones constructivas para fachada en base a madera incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (Fuente: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE)

<p>C 14.1</p>	<p>C 14.3</p>	<p>C 14.5</p>
<p>C 14.2</p>	<p>C 14.4</p>	<p>C 14.6</p>

T: tejado (tejas cerámicas o de hormigón); R: rastrel de madera; BA: barrera contra el agua; TE: tablero estructural; EE: elemento estructural; AT: aislante térmico; B: barrera contra el vapor; PM: perfilería metálica; YL: placa yeso laminado.

Partición interior entramado ligero de madera:

*Tabla 3. Soluciones constructivas para partición interior en base a madera incluidas en el Catálogo de Elementos constructivos del CTE (Fuente: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE).*

<p>P 5.1</p> 	<p>P 5.2</p> 
<p>P 5.3</p> 	<p>P 5.4</p> 
<p>R: rastrel de madera; EE: elemento estructural; AT: aislante térmico; TE: tablero estructural; YL: placa yeso laminado.</p>	

## 5. Propuesta de nuevas soluciones constructivas

### 5.1. Sistema jerarquizado de clasificación

Para desarrollar un conjunto de soluciones constructivas que abarque un amplio elenco de posibilidades, se han estudiado posibles variantes dentro de 4 grandes grupos constructivos: cubiertas, fachadas, forjados o particiones horizontales y particiones verticales.

Cubierta: cerramiento exterior en disposición horizontal situado en la parte superior del edificio. Sirve de protección ante fenómenos climáticos.

Fachada: cierre vertical o pared exterior que envuelve a un edificio. Aporta privacidad y sirve de protección ante fenómenos climáticos.

Forjado: son estructuras planas y horizontales que cumplen con las siguientes funciones: estructural, de habitabilidad y como condición de encadenado. Son las estructuras horizontales que hacen de cerramiento entre diferentes plantas.

Partición: es una división vertical que permite la separación de los distintos espacios internos de un edificio.

Para los cuatro grandes grupos se establece un sistema jerarquizado de clasificación, que permite recoger las soluciones constructivas, a la vez que definir las. Para el caso de cubiertas, se ha utilizado como base parte de la clasificación utilizada en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. De este modo las cubiertas se dividen inicialmente en dos grandes grupos, pudiendo ser planas o inclinadas. A su vez ambos se dividen en el siguiente escalón en función de si pueden ser transitables o no transitables. Se sigue en función de si son ventiladas o no ventiladas, con solado fijo o solado flotante y convencionales o invertidas. Además, se pueden encontrar variantes concretas dentro de algunos grupos, como es el caso de las cubiertas planas no transitables, que pueden ser clasificadas en función del tipo de protección que se utilice (autoprotegidas, grava, ajardinadas, etc.). Para finalizar, a partir del último eslabón de la clasificación, se obtienen dos o tres soluciones constructivas diferentes en función del soporte resistente utilizado en cada una de ellas. Los soportes resistentes utilizados han sido simplificados en: entramado ligero de vigas de madera, estructura masiva de CLT y en algunos casos se añade la posibilidad de utilizar un sistema mixto que combina entramado de madera y hormigón ligero como soporte estructural.

De este modo se obtiene el sistema de clasificación que se observa en la Tabla 4, y del que se obtienen un total de 40 diferentes soluciones constructivas para cubiertas. También cabe destacar que, para cada tipo de solución constructiva, podrían darse dos alternativas diferentes según se añadiese o no un trasdosado interno al conjunto. Esto duplica el número de soluciones constructivas a analizar debido a las diferencias en cuanto a prestaciones y productos utilizados que puede generar la adhesión del trasdosado interior.

El sistema jerárquico propuesto permite recoger, a la vez que caracterizar, todos los posibles sistemas constructivos de cubiertas dentro de un sistema ordenado. La

organización lógica y descriptiva de este permite a su vez añadir futuras incorporaciones en el supuesto de que fuese necesario durante el desarrollo del proyecto.

Cada solución constructiva incluida dentro del sistema de jerarquía posee además una clave identificativa, formada por un conjunto de siglas representativas de cada uno de los niveles de clasificación dentro de los que se encuadra cada solución. De esta forma, sólo con conocer la clave o código **identificativo** de la solución se podrá saber con precisión con qué tipo de solución se trabaja.

Ejemplo:

CÓDIGO:     **C** **P** **T** - **NV** **SF** **C** - **CLT**

**C**ubierta **P**lana **T**ransitable - **N**o **V**entilada **S**olado **F**ijo **C**onvencional - **CLT**



Tabla 4. Sistema jerarquizado de clasificación propuesto para soluciones constructivas tipo cubierta.

CUBIERTA	PLANA	TRANSITABLE	NO VENTILADA	SOLADO FIJO	Convencional	CPT NVSFC-CLT
						CPT NVSFC-ENT
						CPT NVSFC-MX
						CPT NVSFI-CLT
						CPT NVSFI-ENT
						CPT NVSFI-MX
						CPT NVSFL-CLT
						CPT NVSFL-ENT
						CPT NVSFL-MX
						CPT VSFLC-CLT
						CPT VSFLC-ENT
						CPT VSFLC-MX
						CPT VSFLI-CLT
						CPT VSFLI-ENT
						CPT VSFLI-MX
						CPNT NVGC-CLT
						CPNT NVGC-ENT
						CPNT NVGC-MX
						CPNT NVGI-CLT
						CPNT NVGI-ENT
						CPNT NVGI-MX
						CPNT NVAC-CLT
						CPNT NVAC-ENT
						CPNT NVAC-MX
						CPNT NVAJC-CLT
						CPNT NVAJC-ENT
						CPNT NVAJC-MX
						CPNT NVAJI-CLT
						CPNT NVAJI-ENT
						CPNT NVAJI-MX
						CI NVCPC-CLT
						CI NVCPC-ENT
						CI NVCPI-CLT
						CI NVCPI-ENT
						CI NVAC-CLT
						CI NVAC-ENT
						CI NV-L
						CI NV-P
						CI NV-IP
						CI NV-IS

La clasificación más determinante en el caso de fachadas viene en cuanto a si estas pueden ser caracterizadas como fachadas pesadas, ligeras o mixtas (Tabla 5). Tras esta clasificación se distinguen en cuanto al soporte estructural y por último en cuanto al tipo de acabado, si es un SATE o una cámara de aire ventilada.

Ante estas distinciones se obtienen un total de 12 soluciones constructivas de fachadas que, a su vez, cómo en el caso anterior, pueden duplicarse si consideramos la incorporación o no de un pequeño trasdosado interior.

*Tabla 5. Sistema jerarquizado de clasificación propuesto para soluciones constructivas tipo fachada.*

FACHADA	PESADA	ENTRAMADO	SATE	FAP ENT-SATE
			CÁMARA VENTILADA	FAP ENT-CV
		CLT	SATE	FAP CLT-SATE
			CÁMARA VENTILADA	FAP CLT-CV
	LIGERA	ENTRAMADO	SATE	FAL ENT-SATE
			CÁMARA VENTILADA	FAL ENT-CV
		PANELES	SIMPLE	FAL P
			PROTEGIDA	FAL P-P
			IMPERMEABILIZADA	FAL P-IP
			INSONORIZADA	FAL P-IS
	MIXTA		SATE	FAX-SATE
			CÁMARA VENTILADA	FAX-CV

En lo referente a particiones internas podemos diferenciar particiones horizontales, a las que se denominará como forjados, y particiones verticales.

Los forjados se clasifican fundamentalmente con respecto a si son unidireccionales o bidireccionales (estos segundos no han sido objeto de nuestro estudio debido a su poca utilidad en la construcción actual, pero se podría ampliar en el supuesto de que se necesitase su uso) y a partir de esta clasificación según su soporte estructural sea de entramado o masivo. Se han generado 8 soluciones constructivas posibles de tipo forjado horizontal. La tabla 6 muestra el sistema de clasificación empleado para los forjados.

*Tabla 6. Sistema jerarquizado de clasificación propuesto para soluciones constructivas tipo forjados.*

FORJADO	ENTRAMADO	ESTRUCTURA VISTA		FO ENT-EV
		FALSO TECHO		FO ENT-FT
	CLT	SIMPLE	Trasdosado	FO CLT-T
			No trasdosado	FO CLT-NT
		DOBLE	Trasdosado	FO 2CLT-T
			No trasdosado	FO 2CLT-NT
	MIXTO	ESTRUCTURA VISTA		FO MX-EV
		FALSO TECHO		FO MX-FT

El último gran grupo de soluciones constructivas a analizar es el de las particiones verticales. Dentro de este grupo se establece la diferencia entre tabiquería, para particiones que afectan a un solo usuario, y separaciones entre usuarios (SEU), para agrupar aquellas soluciones constructivas que cumplen con la normativa para separar estancias de diferentes usuarios. Tras esta importante división, se clasifica en base al soporte resistente, si es masivo de CLT o entramado ligero de madera, también en función de si la estructura presenta trasdosado o no y en cuanto al número de elementos verticales de separación (generalmente tableros exteriores).

Este sistema nos permite diferenciar entre 24 tipos de soluciones constructivas para particiones verticales. El sistema de clasificación completo y los códigos identificativos que se aplican a cada solución se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Sistema jerarquizado de clasificación propuesto para soluciones constructivas tipo particiones verticales.

PARTICIONES VERTICALES	TABIQUERÍA	CLT		Acabado simple	No trasdosado	PTAB CLT
					Trasdosado	PTAB CLT t
					Doble trasdosado	PTAB CLT 2t
				Acabado doble	No trasdosado	PTAB CLT- 2Ac
					Trasdosado	PTAB CLT- 2Ac t
					Doble trasdosado	PTAB CLT- 2Ac 2t
		ENTRAMADO		Acabado simple		PTAB ENT
				Acabado doble		PTAB ENT- 2Ac
				Acabado triple		PTAB ENT- 3Ac
	SEPARACIONES ENTRE USUARIOS (SEU)	CLT	CLT SIMPLE	AT+AA		PSEU CLT- AT+AA
			CLT DOBLE	Acabado simple	No trasdosado	PSEU 2CLT
					Trasdosado	PSEU 2CLT t
					Doble trasdosado	PSEU 2CLT 2t
					AT+CA	PSEU 2CLT- AT+CA
			Acabado doble		No trasdosado	PSEU 2CLT- 2Ac
					Trasdosado	PSEU 2CLT- 2Ac t
					Doble trasdosado	PSEU 2CLT- 2Ac 2t
		ENTRAMADO	SIMPLE	2AT	Acabado simple	PSEU ENT- 2AT
					Acabado doble	PSEU ENT- 2AT 2Ac
			DOBLE	CA	CON ARRIOST.	PSEU 2ENT- CA Arrio
					SIN ARRIOST.	PSEU 2ENT- CA SArrio
				AT	Acabado simple	PSEU 2ENT- AT
					Acabado doble	PSEU 2ENT- AT 2Ac
					Acabado triple	PSEU 2ENT- AT 3Ac

Una vez enumeradas todas las soluciones constructivas, se procede a detallar su composición elemento a elemento. De este modo se determina la estructura de la solución constructiva de modo global, identificando cada capa que la compone.

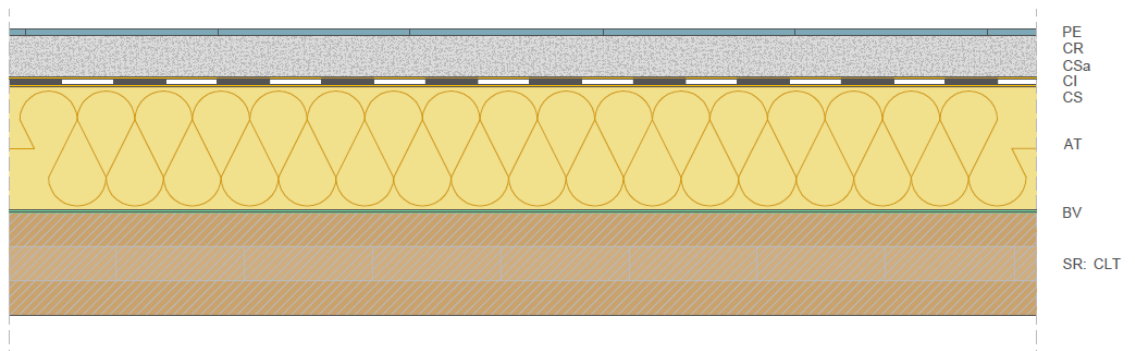
A continuación, se muestran los esquemas provisionales elaborados para detallar los elementos constructivos que debe tener cada una de las soluciones. Dichos elementos han sido nombrados en base a función que desempeña cada uno dentro de la solución constructiva. Las abreviaturas utilizadas en los esquemas para denominar a cada elemento se recogen en la siguiente tabla:

*Tabla 8. Leyenda elementos constructivos: abreviatura y descripción.*

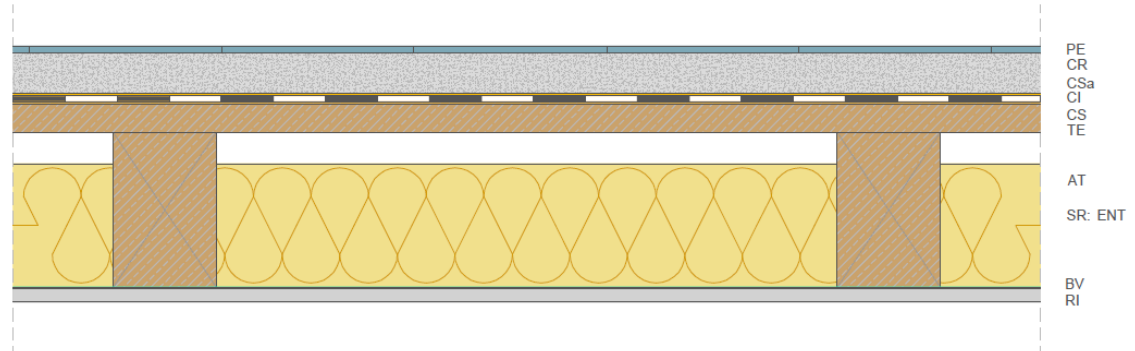
LEYENDA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	
AA	Absorbente Acústico
AR	Aislante a ruido de impactos
AT	Aislante Térmico
BA	Barrera contra Agua (Tyvek)
BV	Barrera de Vapor
CA	Cámara de Aire
CD	Capa Drenante
CF	Capa Filtrante
CI	Capa Impermeabilizabte
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
EC: MO	Elemento de Compartimentación: montante
PE	Protección Exterior
PS	Panel Sándwich
RA	Relleno Árido
RE	Revestimiento exterior
RI	Revestimiento Interior
SO	Soporte tierra
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
SR: HL	Soporte Resistente: hormigón ligero
TE	Tablero Estructural
VG	Vegetación

5.2. Soluciones de tipo cubierta

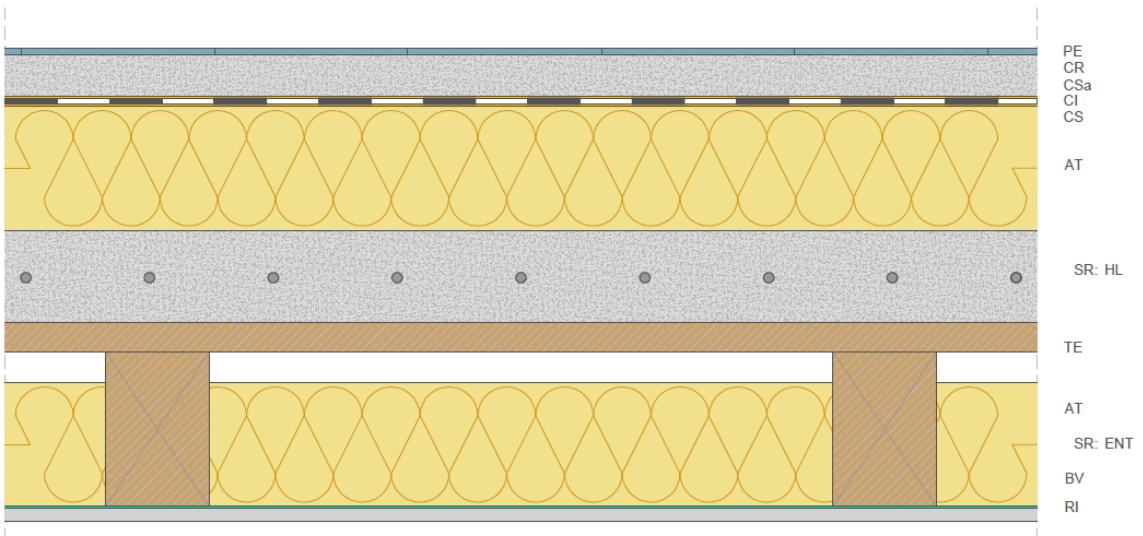
CPT NVSFC-CLT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, convencional, CLT



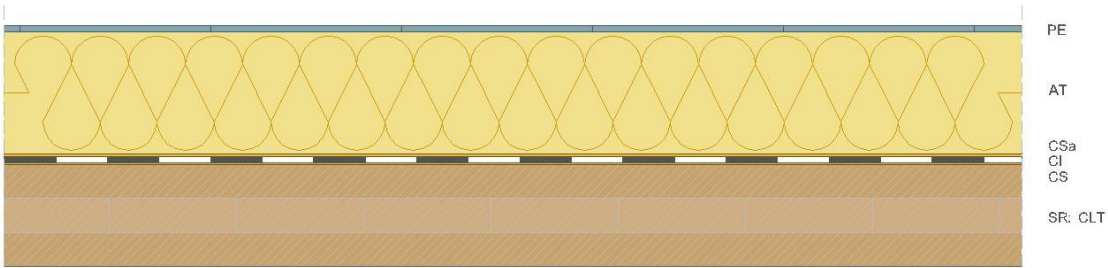
CPT NVSFC-ENT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, convencional, entramado



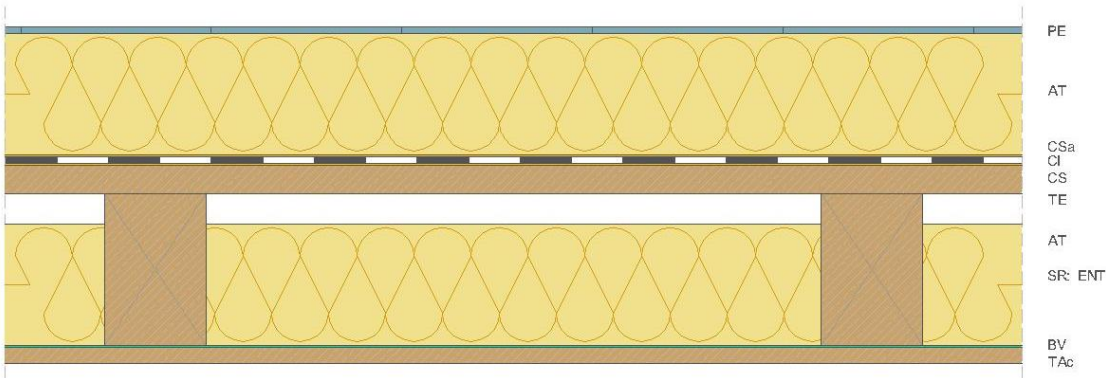
CPT NVSFC-MX: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, convencional, mixta



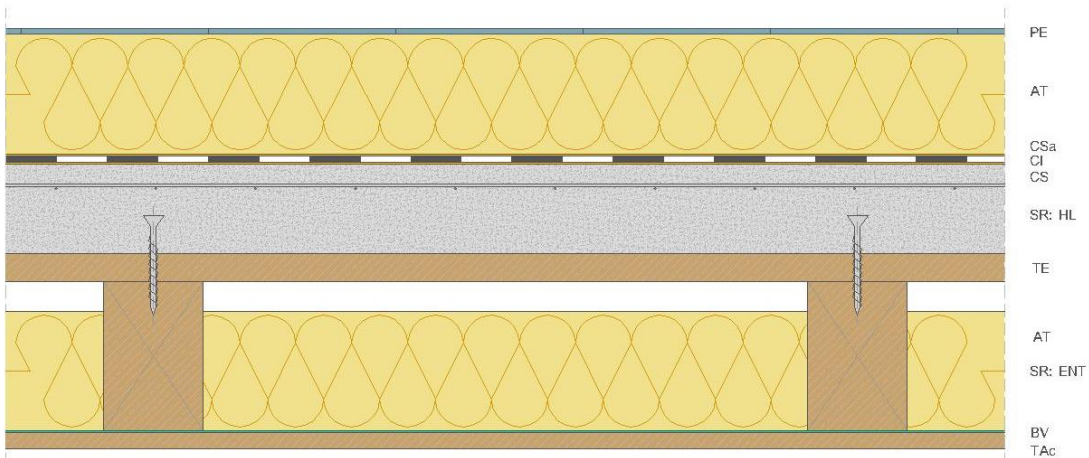
CPT NVSFI – CLT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, invertida, CLT



CPT NVSFI – ENT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, invertida, entramado

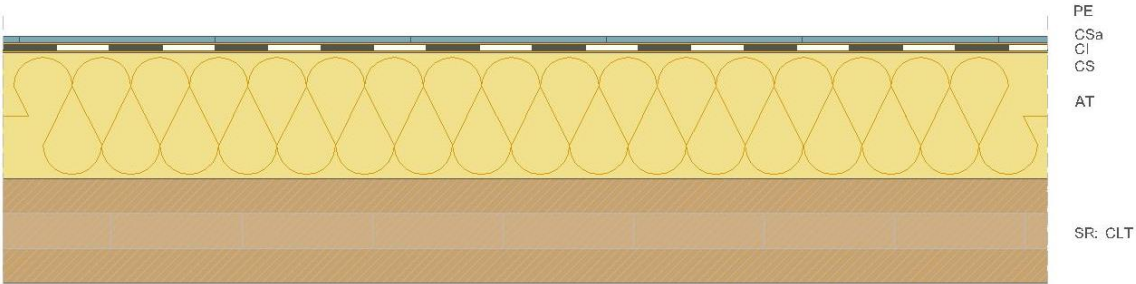


CPT NVSFI – MX: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado fijo, invertida, mixta

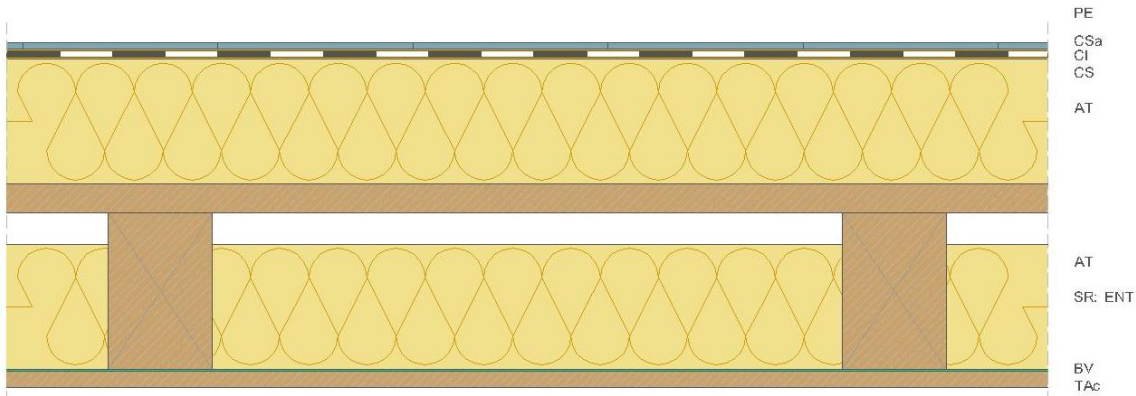




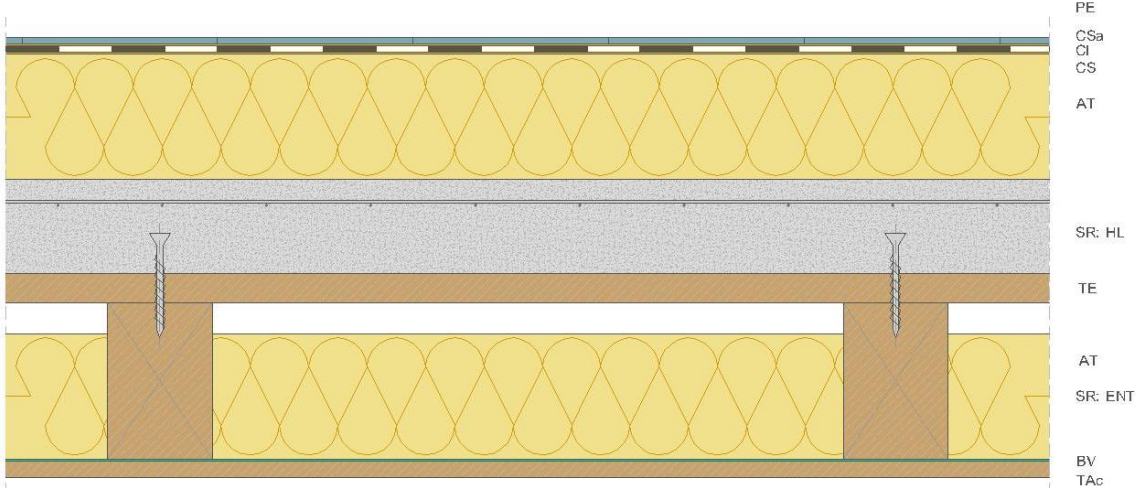
CPT NVSFL – CLT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado flotante, CLT



CPT NVSFL – ENT: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado flotante, entramado

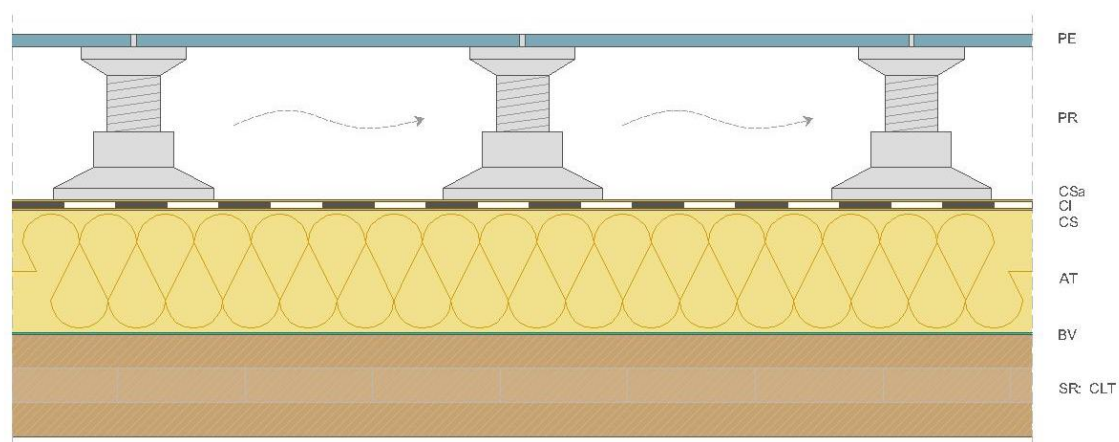


CPT NVSFL – MX: cubierta plana, transitable, no ventilada, solado flotante, mixta

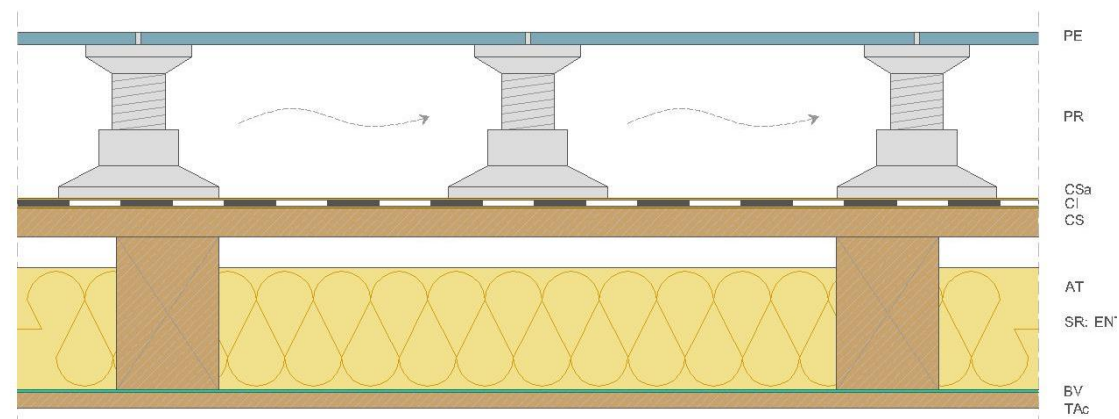




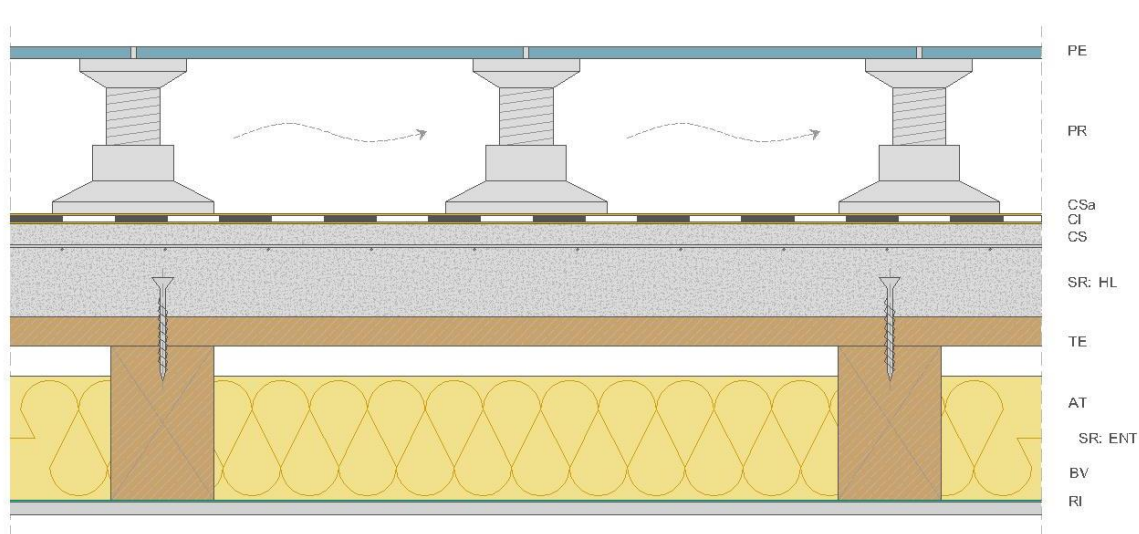
CPT VSFLC – CLT: cubierta plana, transitable, ventilada, solado flotante, convencional, CLT



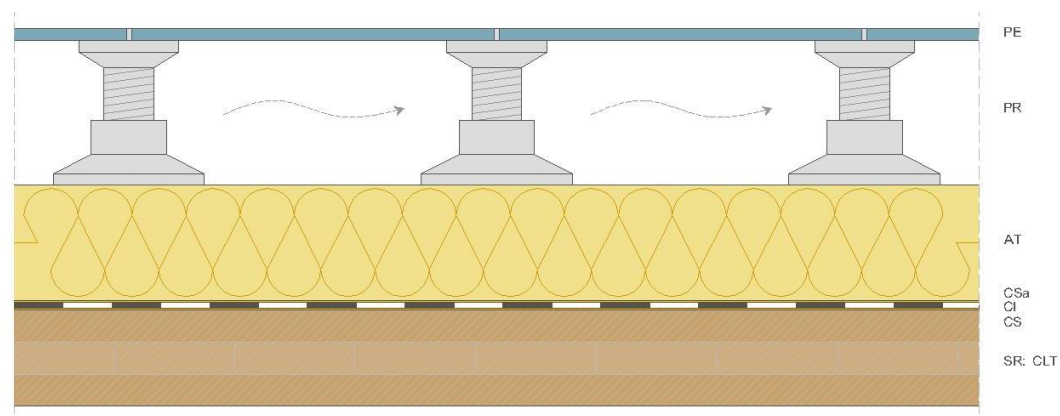
CPT VSFLC – ENT: cubierta plana, transitable, ventilada, solado flotante, convencional, entramado



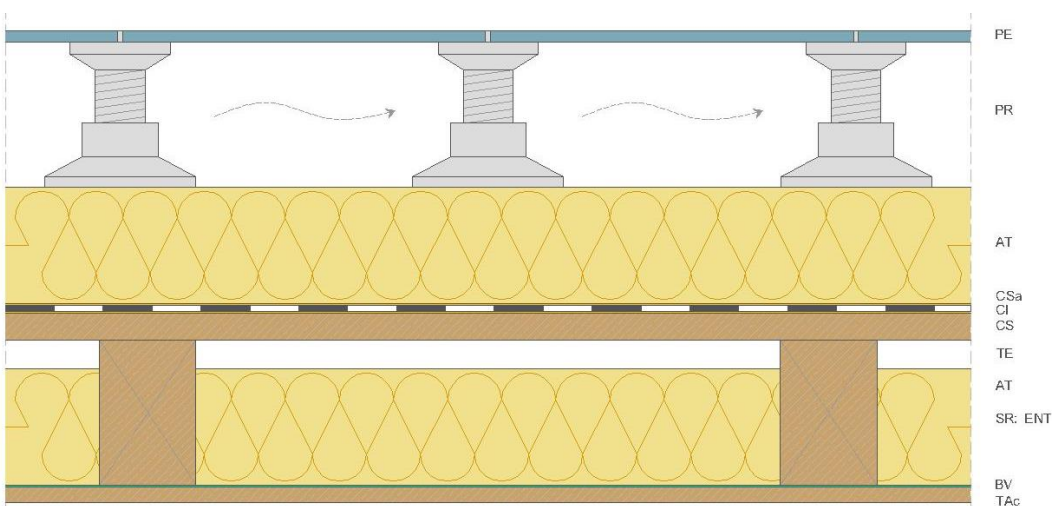
CPT VSFLC – MX: cubierta plana, transitable, ventilada, solado flotante, convencional, mixta



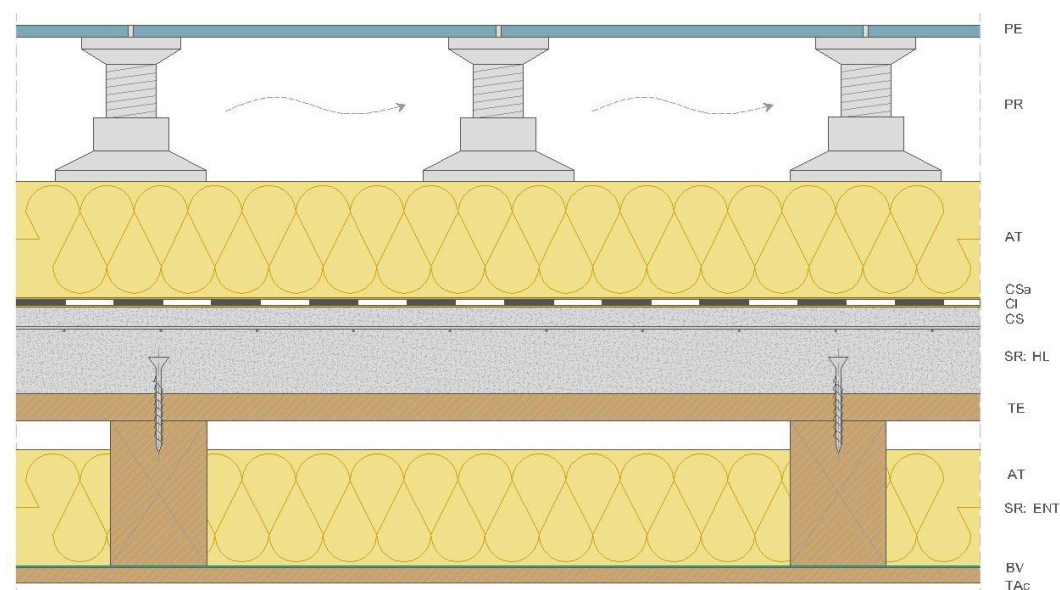
CPT VSFLI – CLT: cubierta plana, ventilada, solado flotante, invertida, CLT



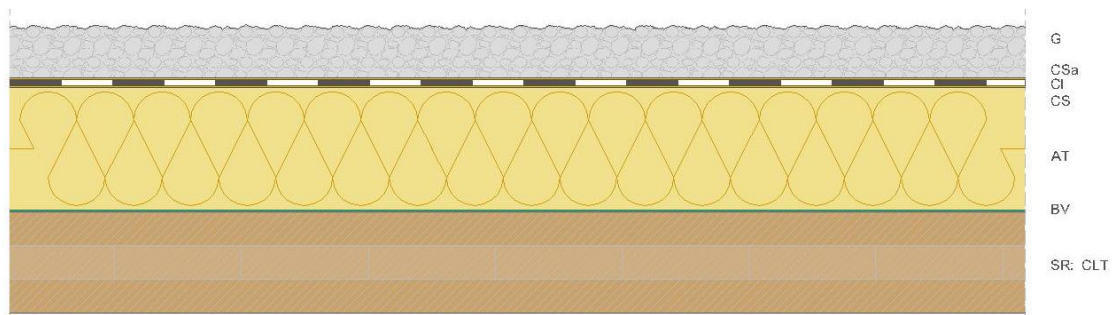
CPT VSFLI – ENT: cubierta plana, ventilada, solado flotante, invertida, entramado



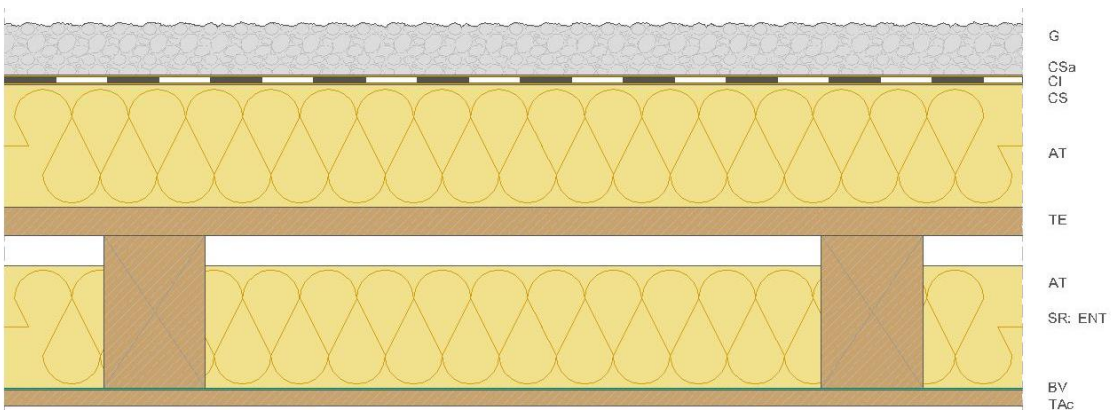
CPT VSFLI – MX: cubierta plana, ventilada, solado flotante, invertida, mixta



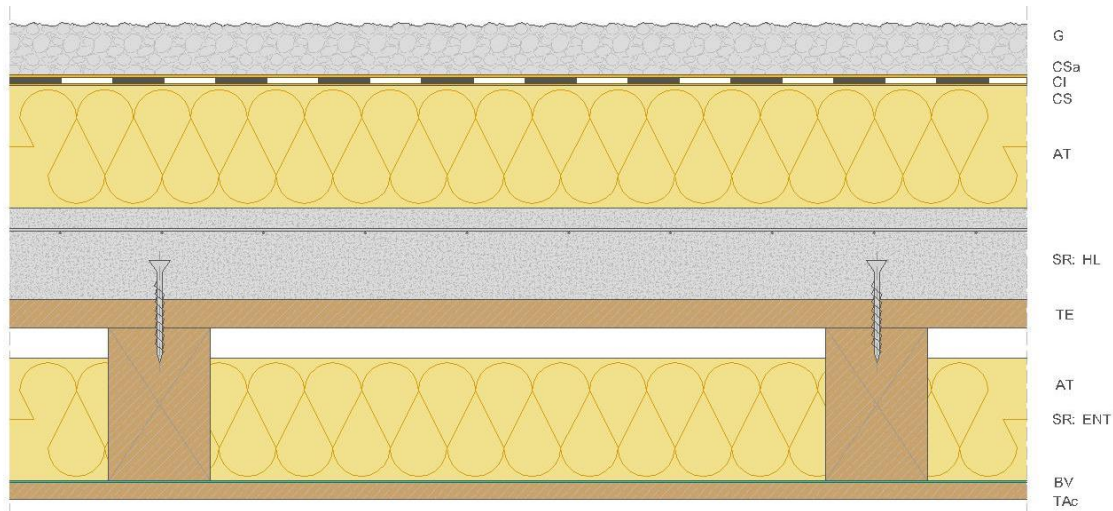
CPNT NVGC – CLT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, convencional, CLT



CPNT NVGC – ENT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, convencional, entramado

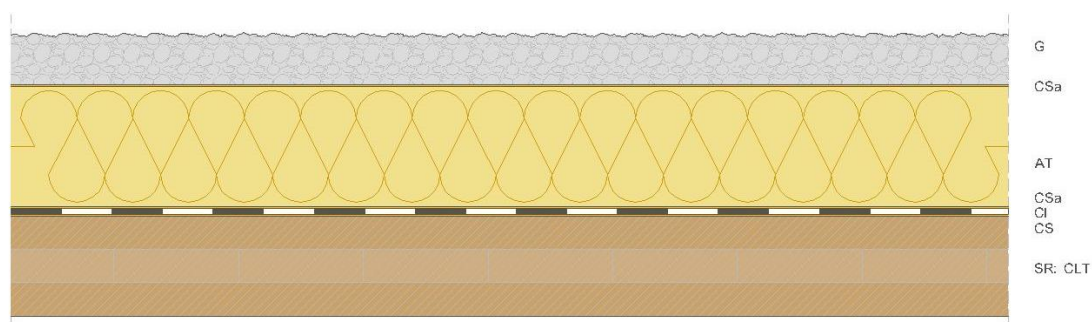


CPNT NVGC – MX: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, convencional, mixta

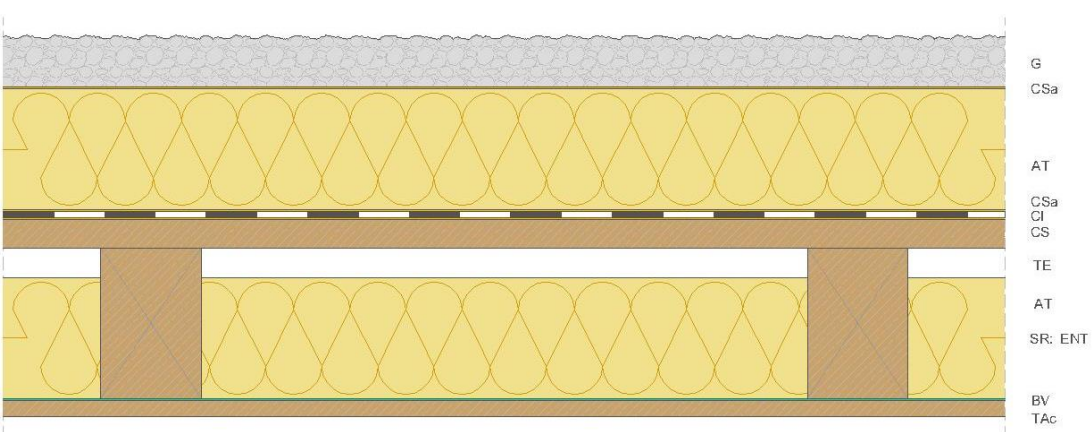




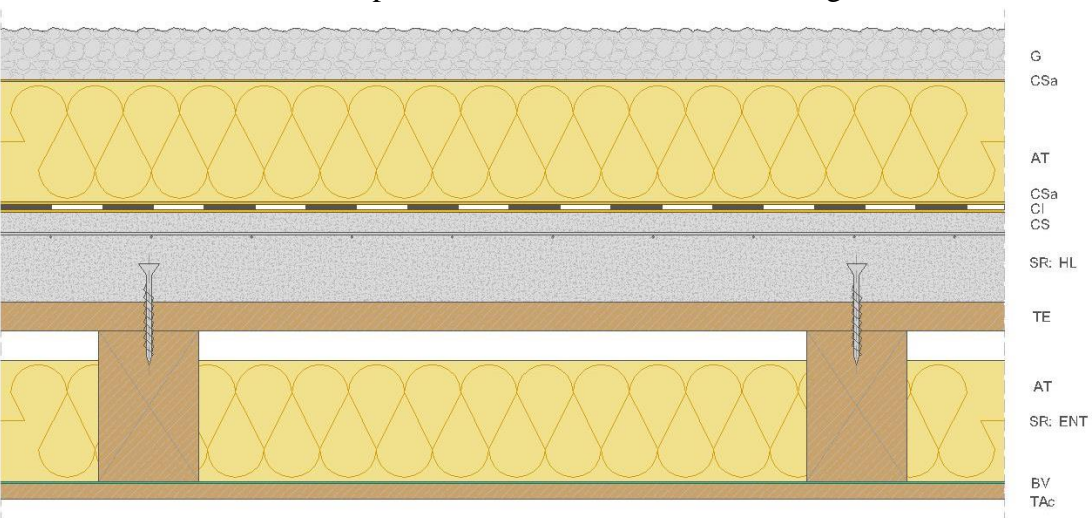
CPNT NVGI – CLT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, invertida, CLT



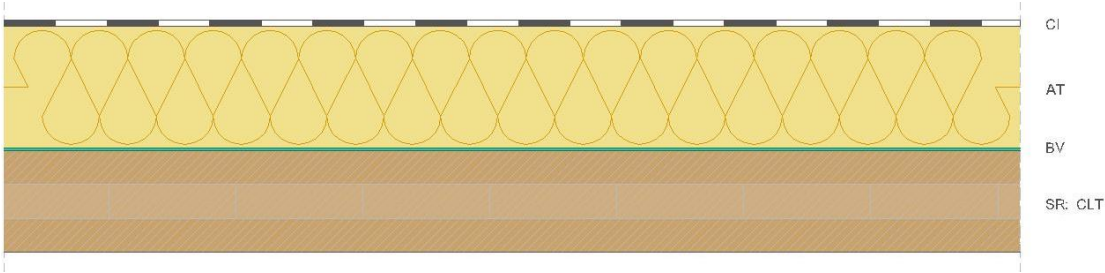
CPNT NVGI – ENT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, invertida, entramado



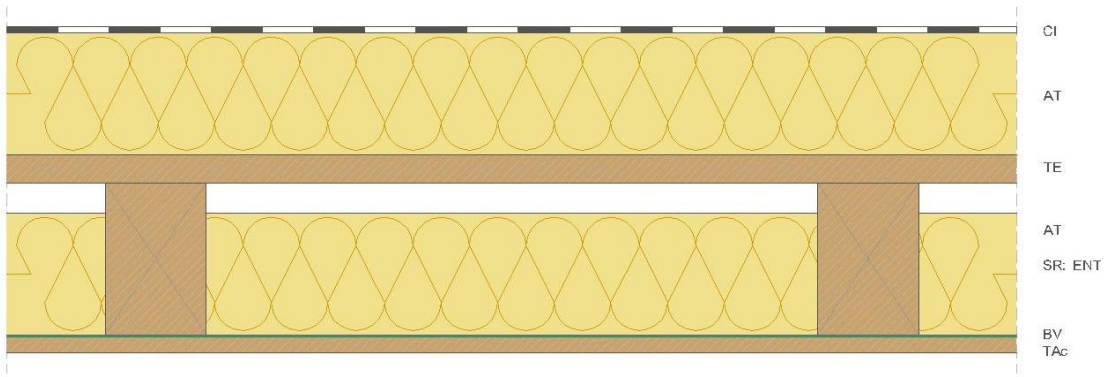
CPNT NVGI – MX: cubierta plana, no transitable, no ventilada, grava, invertida, mixta



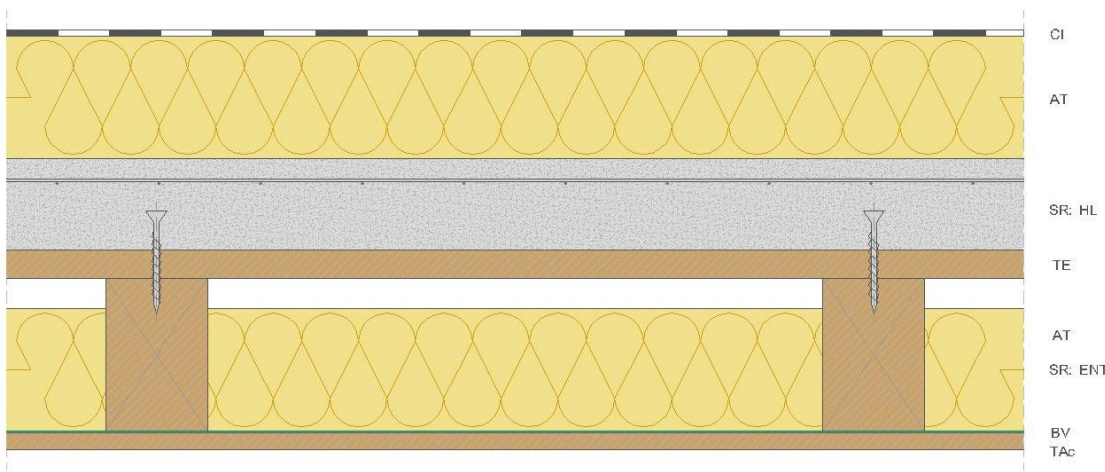
CPNT NVAC – CLT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, autoprottegida, convencional, CLT



CPNT NVAC – ENT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, autoprottegida, convencional, entramado

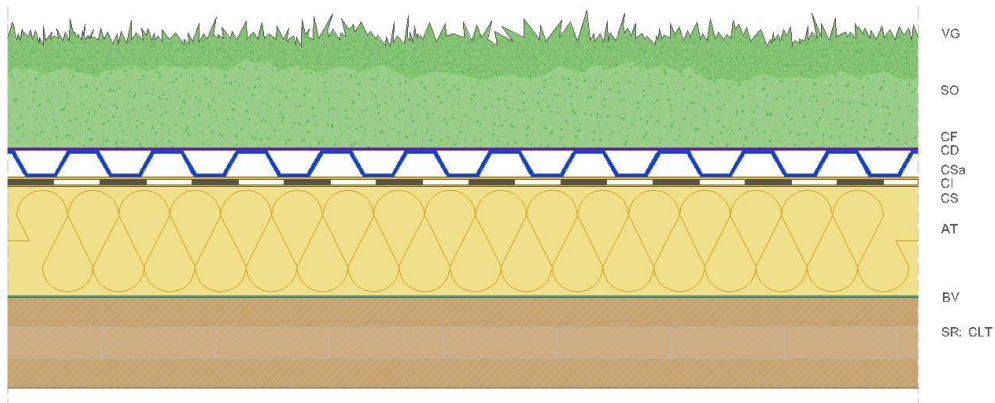


CPNT NVAC – MX: cubierta plana, no transitable, no ventilada, autoprottegida, convencional, mixta

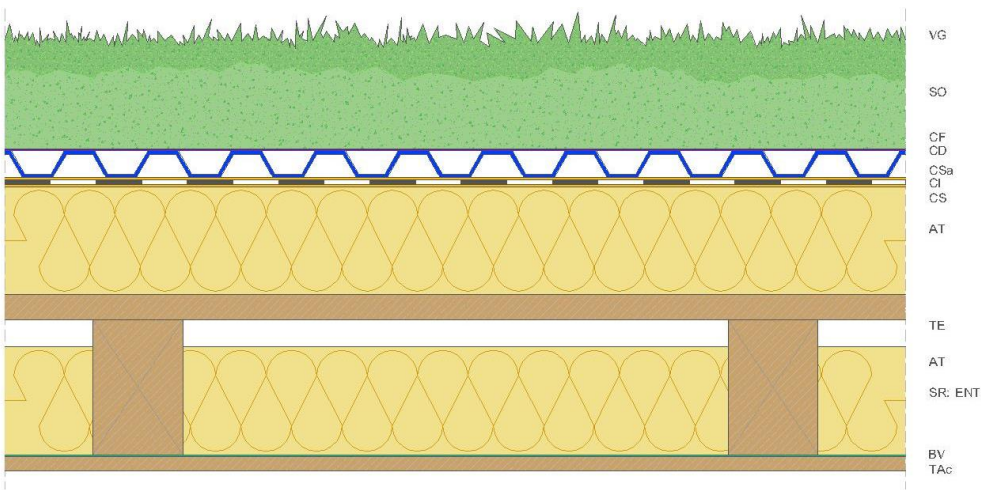




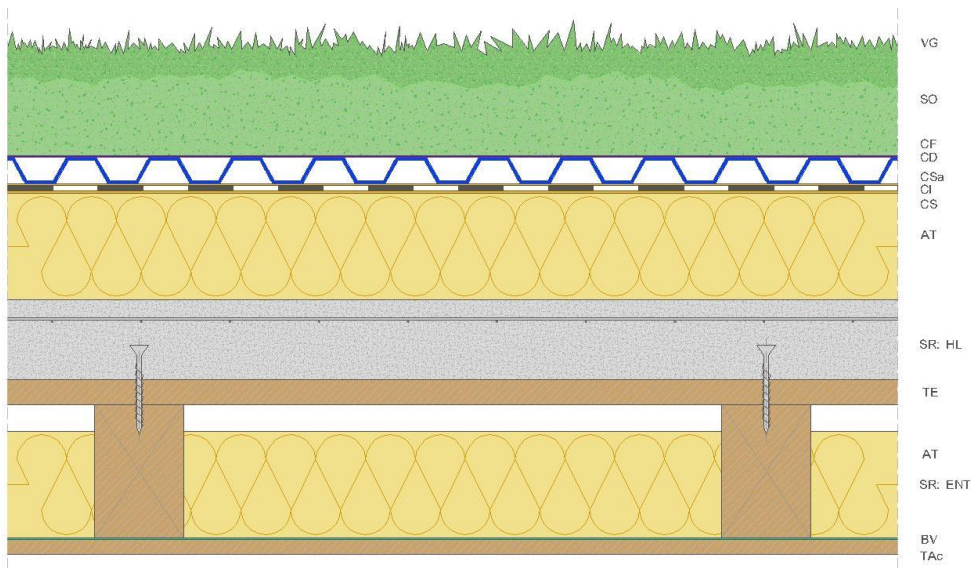
CPNT NVAJC – CLT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, convencional, CLT



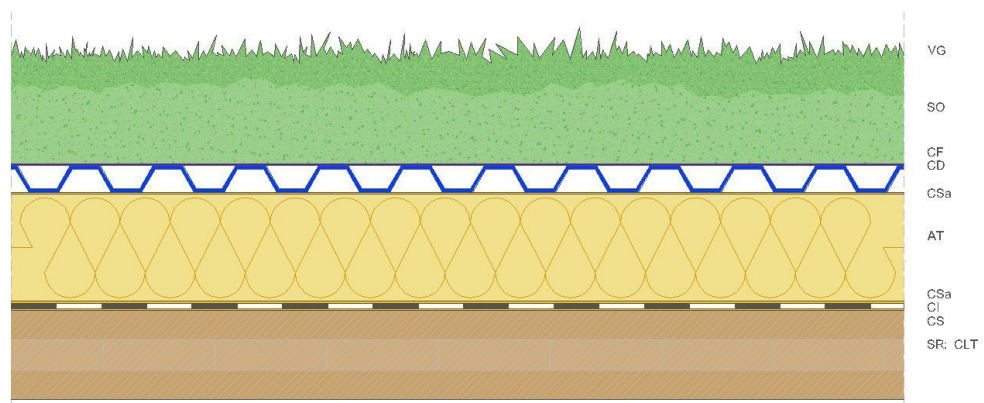
CPNT NVAJC – ENT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, convencional, entramado



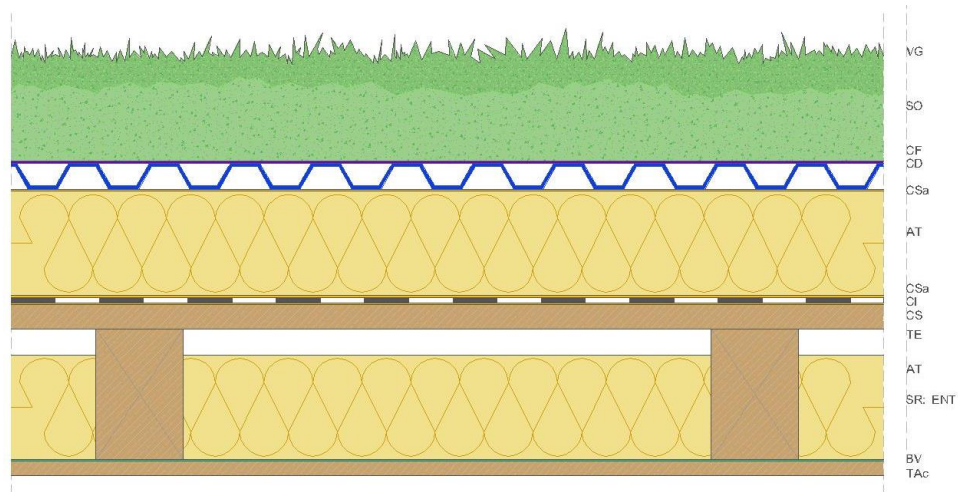
CPNT NVAJC – MX: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, convencional, mixta



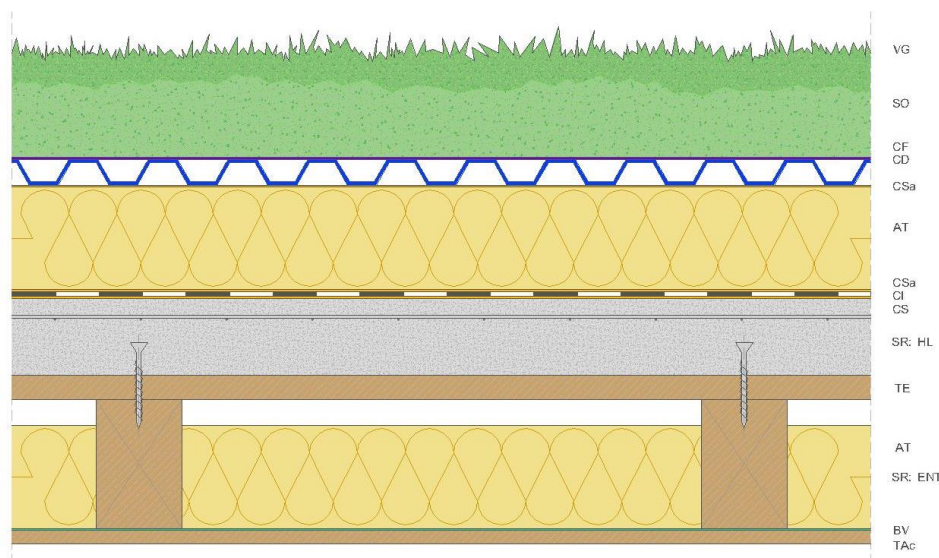
CPNT NVAJI – CLT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, invertida, CLT



CPNT NVAJI – ENT: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, invertida, entramado



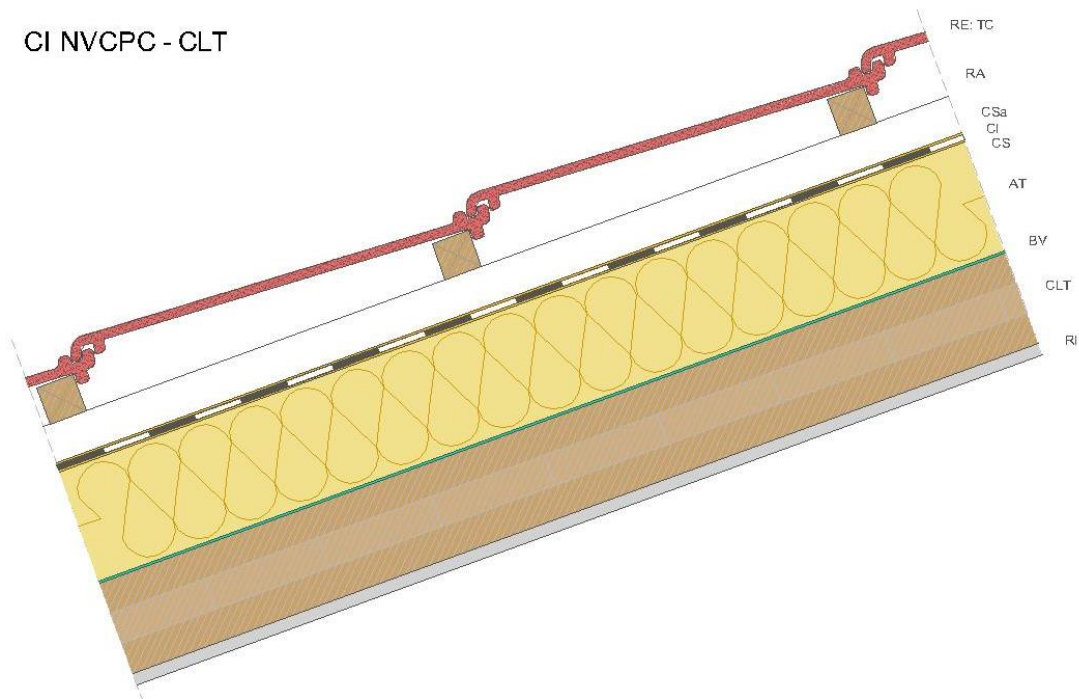
CPNT NVAJI – MX: cubierta plana, no transitable, no ventilada, ajardinada, invertida, mixta





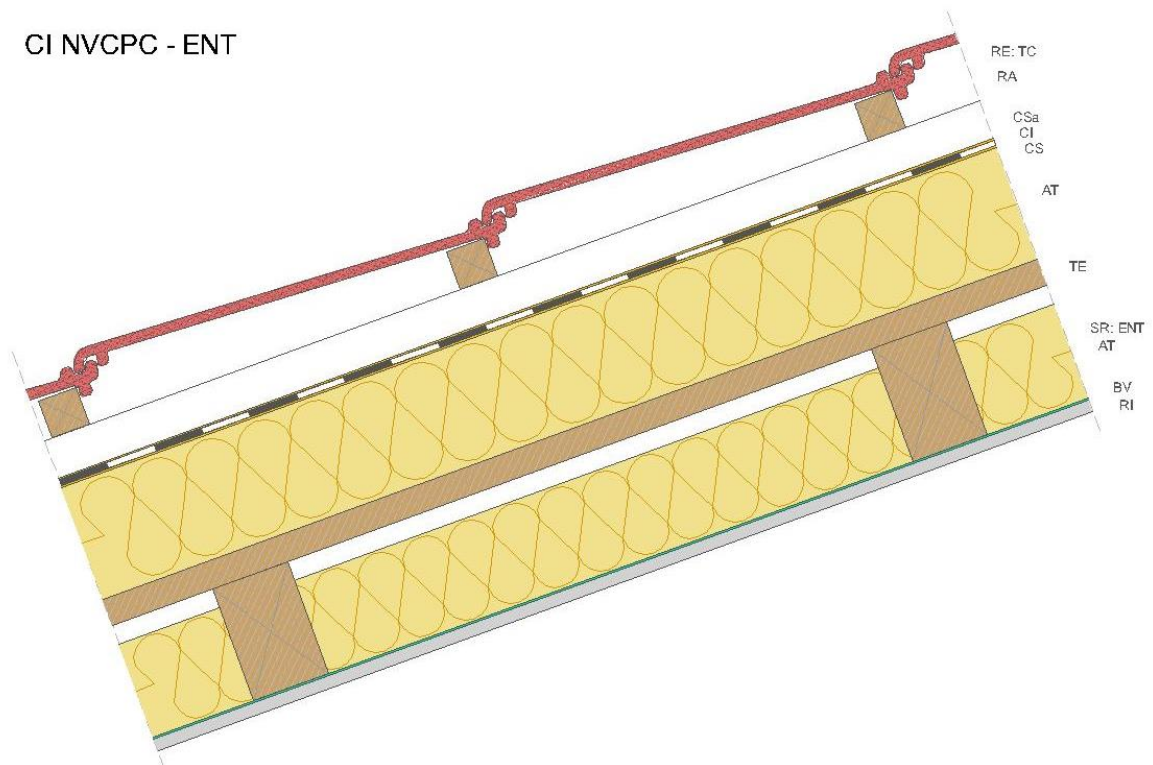
CI NVCPC – CLT: cubierta inclinada, no ventilada, capa protección, convencional, CLT

CI NVCPC - CLT



CI NVCPC – ENT: cubierta inclinada, no ventilada, capa protección, convencional, entramado

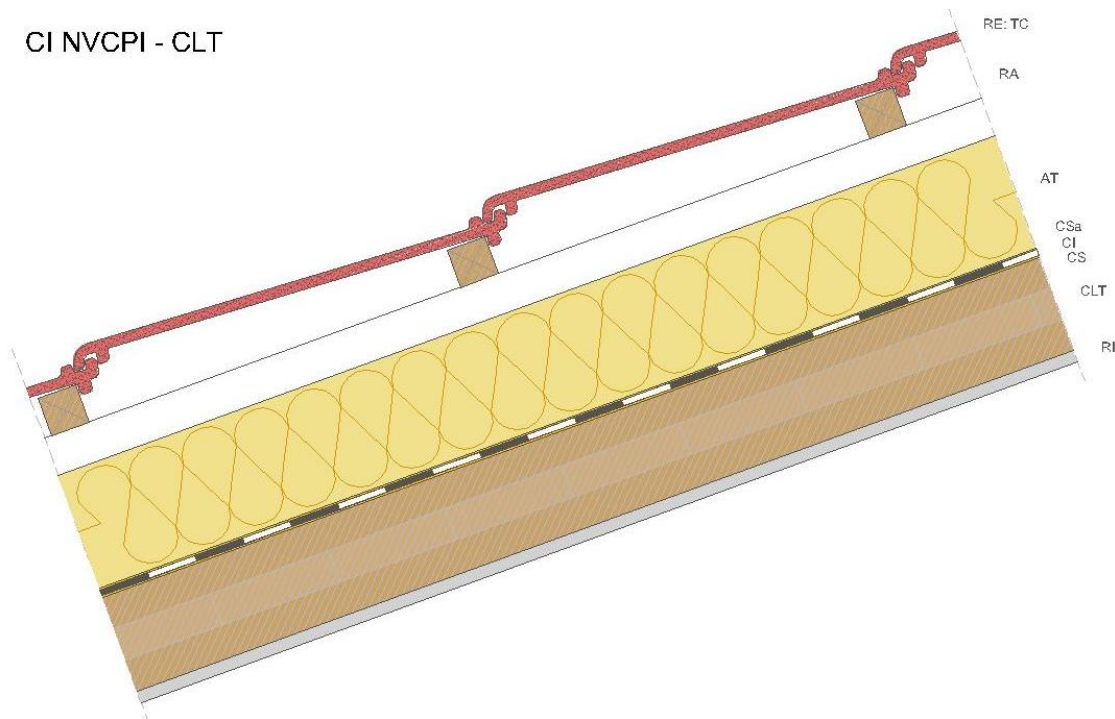
CI NVCPC - ENT





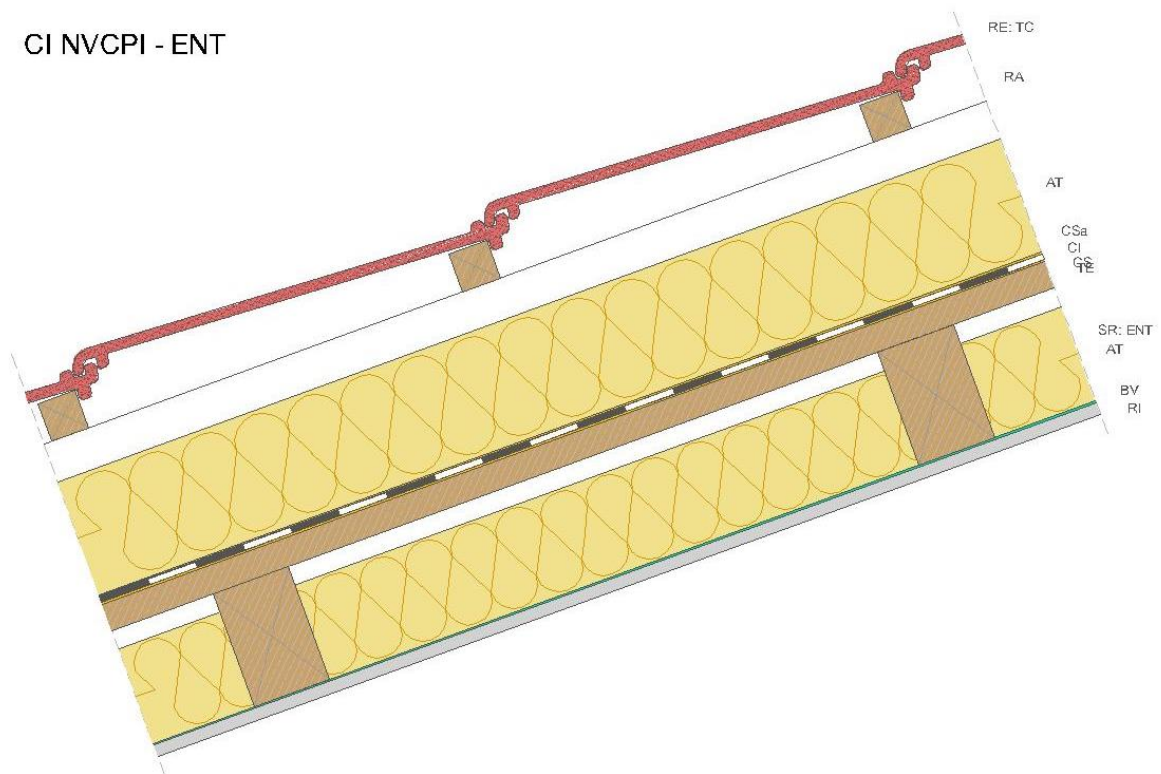
CI NVCPI – CLT: cubierta inclinada, no ventilada, capa protección, invertida, CLT

CI NVCPI - CLT



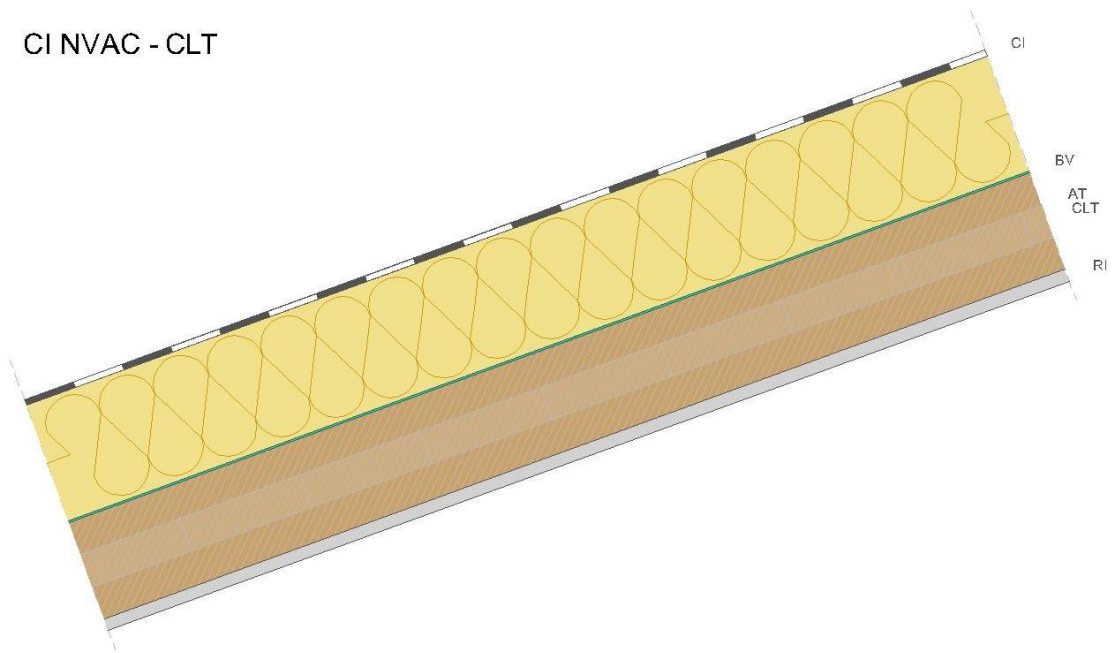
CI NVCPI – ENT: cubierta inclinada, no ventilada, capa protección, invertida, entramado

CI NVCPI - ENT



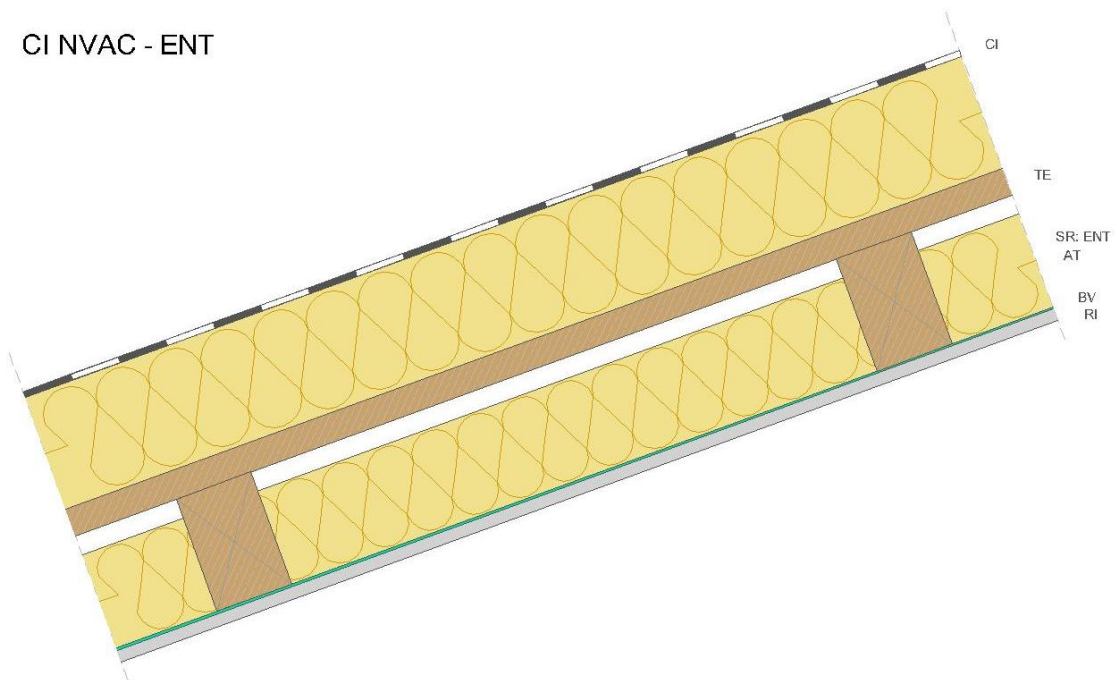
CI NVAC – CLT: cubierta inclinada, no ventilada, autoprotegida, convencional, CLT

CI NVAC - CLT



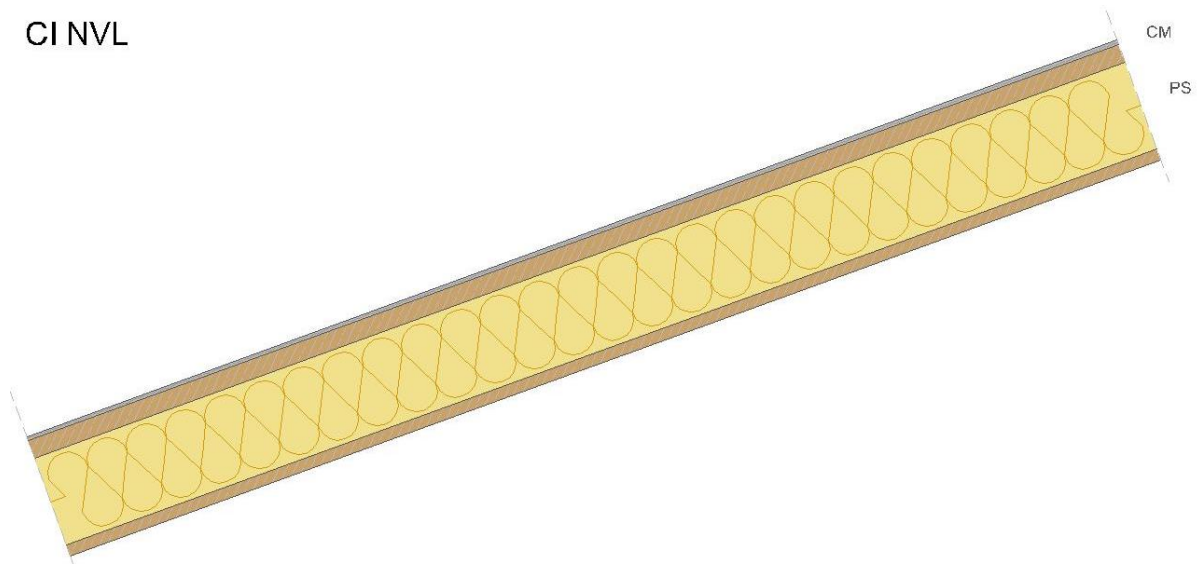
CI NVAC – ENT: cubierta inclinada, no ventilada, autoprotegida, convencional, entramado

CI NVAC - ENT



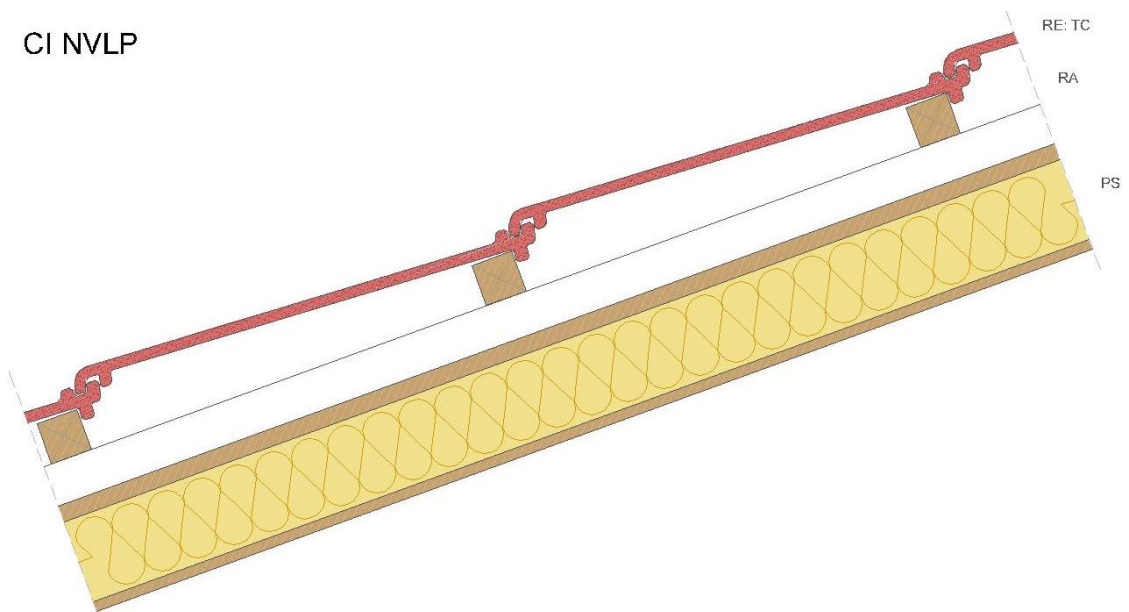
CI NVL: cubierta inclinada, no ventilada, ligera

CI NVL



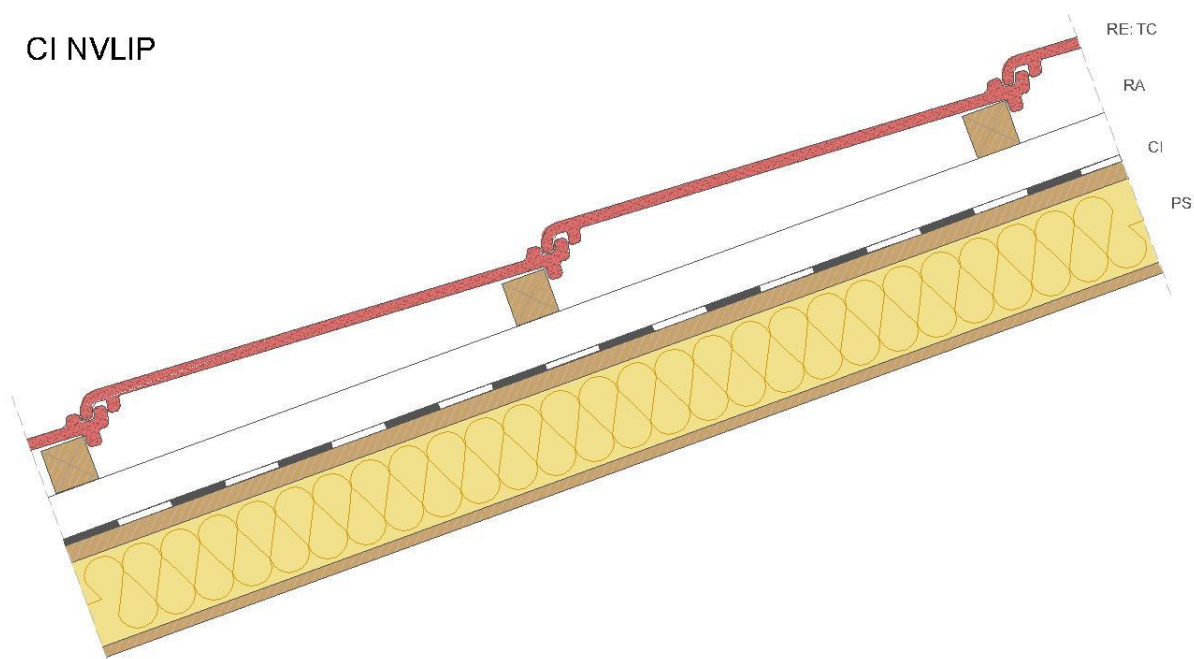
CI NVLP: cubierta inclinada, no ventilada, ligera, protegida

CI NVLP



CI NVL: cubierta inclinada, no ventilada, ligera, impermeabilizada

CI NVLIP

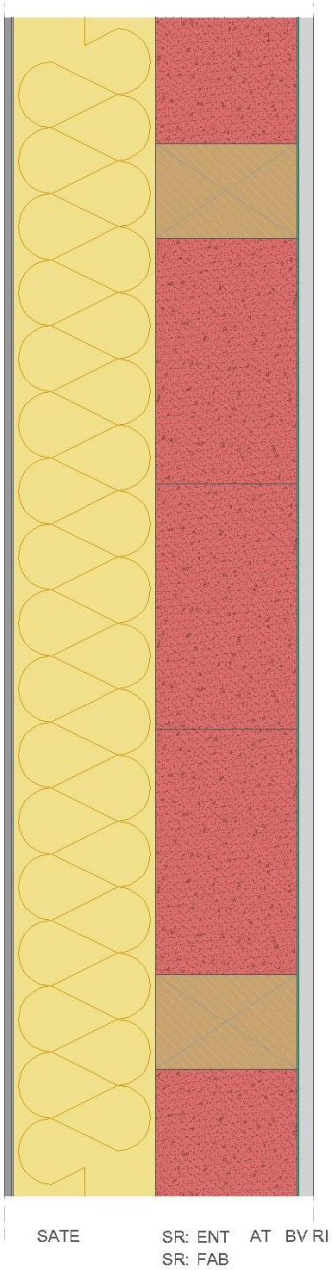




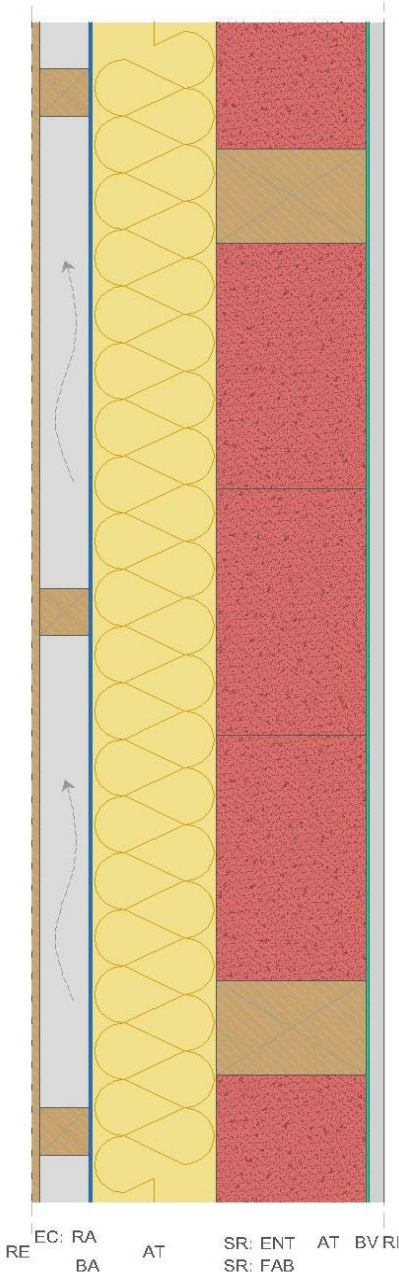
5.3. Soluciones de tipo fachada

(\*) En esta sección todas las fachadas se visualizan en planta.

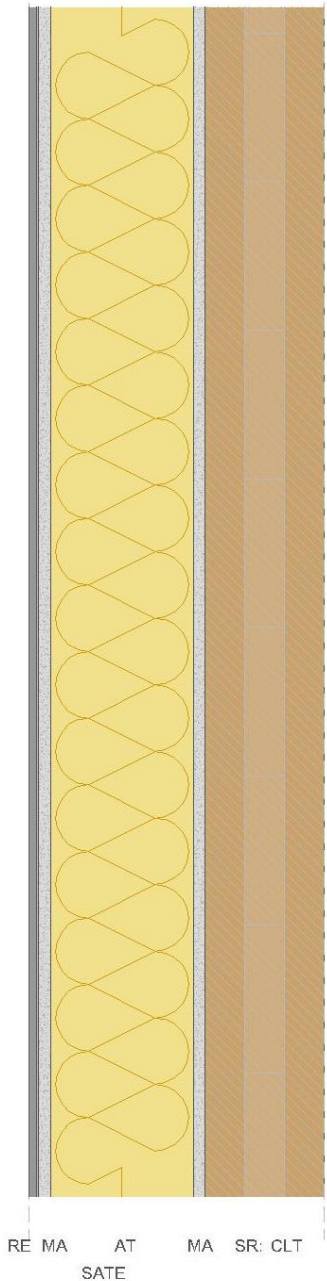
FAP ENT - SATE:  
fachada pesada,  
entramado, SATE



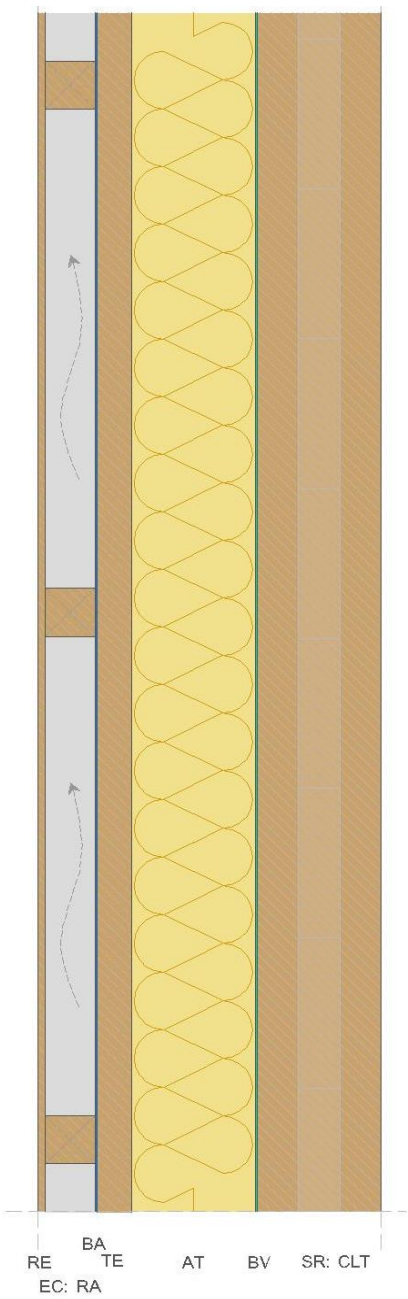
FAP ENT - CV: fachada  
pesada, entramado, cámara  
ventilada



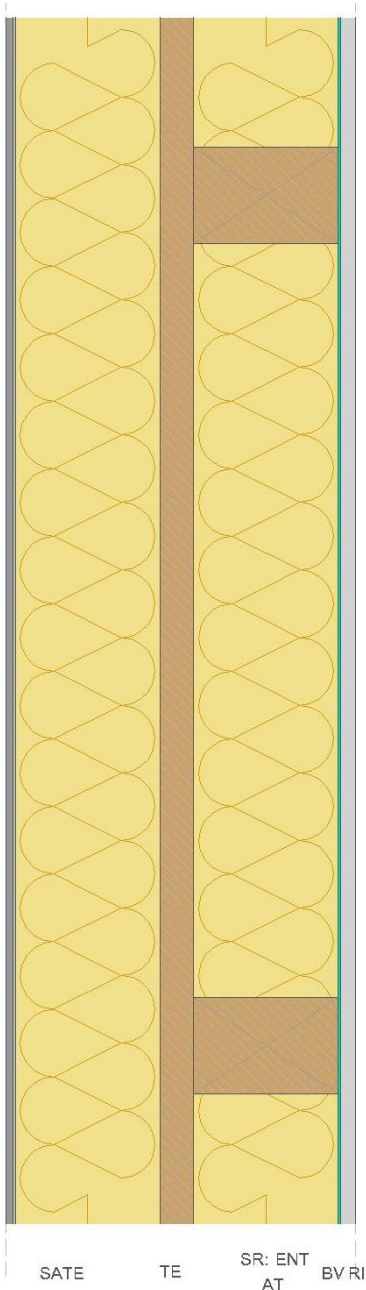
FAP CLT - SATE:  
fachada pesada, CLT,  
SATE



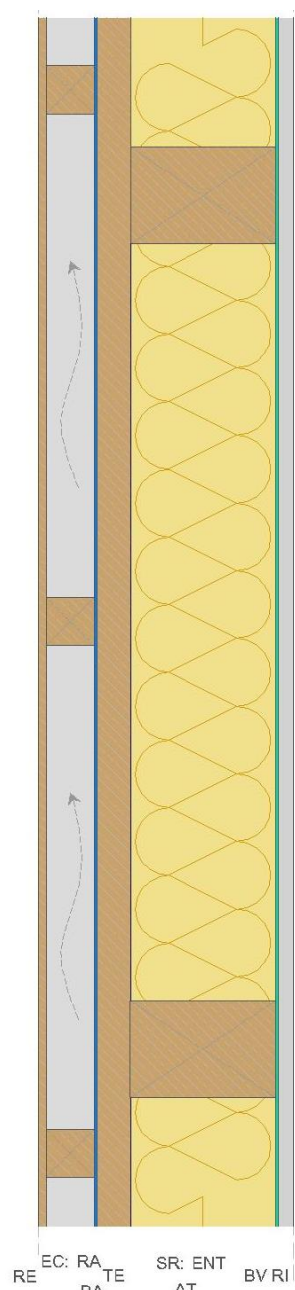
FAP CLT - CV: fachada pesada, CLT, cámara ventilada



FAL ENT - SATE: fachada ligera, entramado, SATE

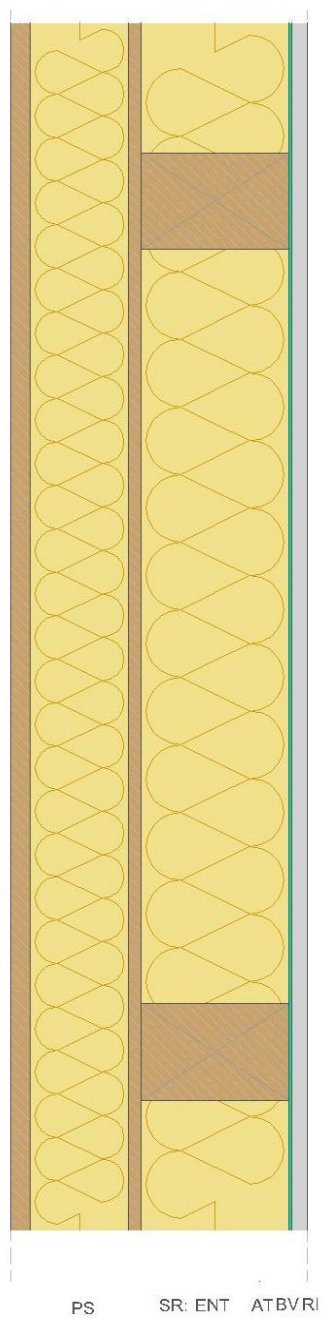


FAL ENT - CV: fachada ligera, entramado, cámara ventilada

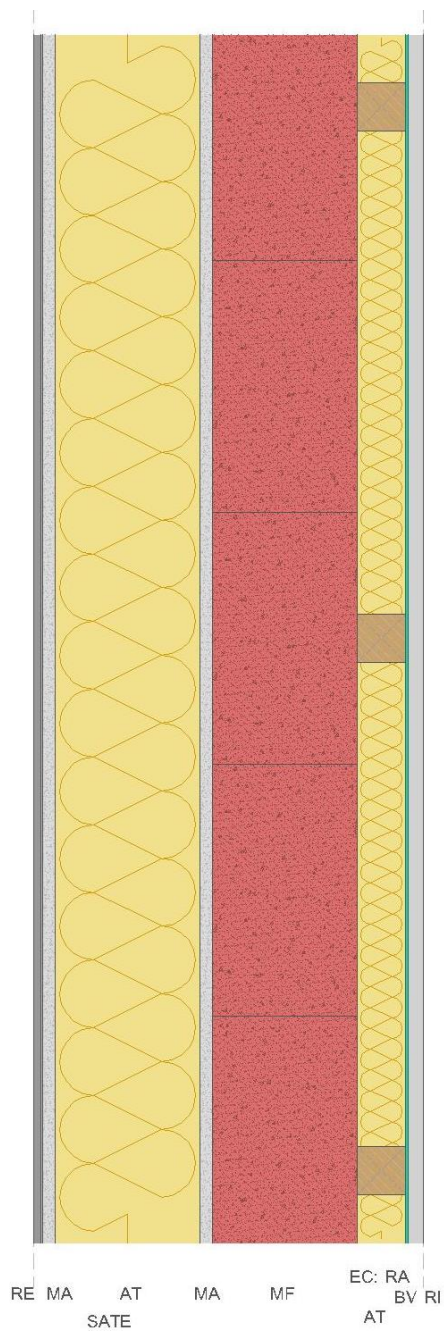




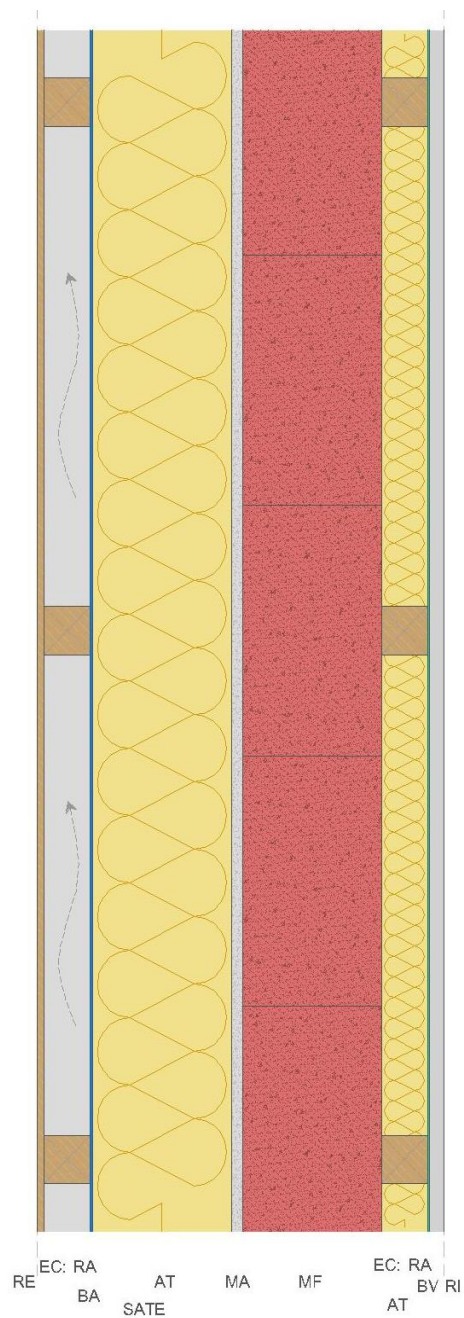
FAL - PS: fachada  
ligera, panel sandwich



FAX - SATE: fachada  
mixta, SATE

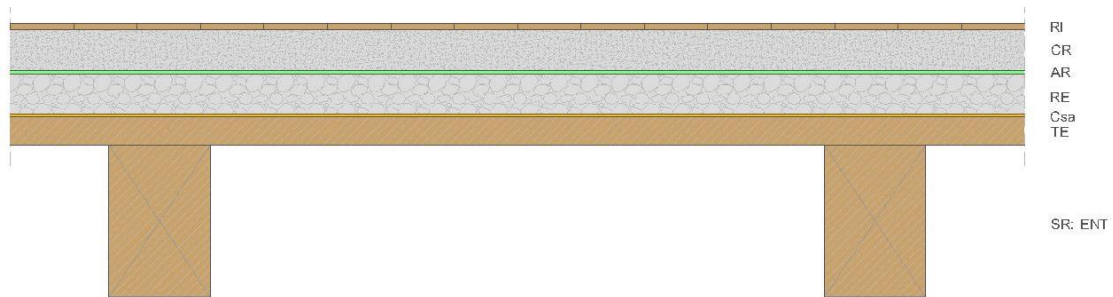


FAX - CV: fachada  
mixta, cámara ventilada

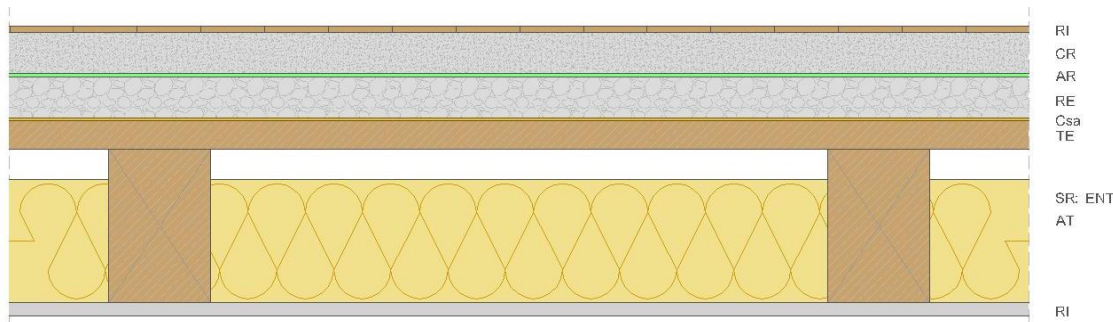


5.4. Soluciones de tipo forjado horizontal

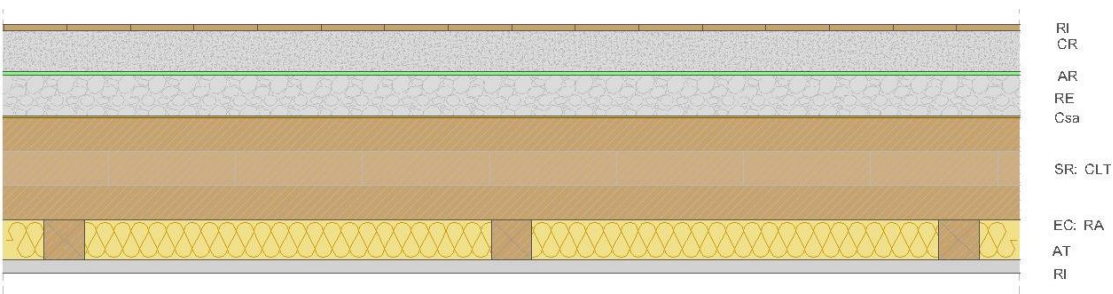
FOU ENT – EV: forjado unidireccional, entramado, estructura vista.



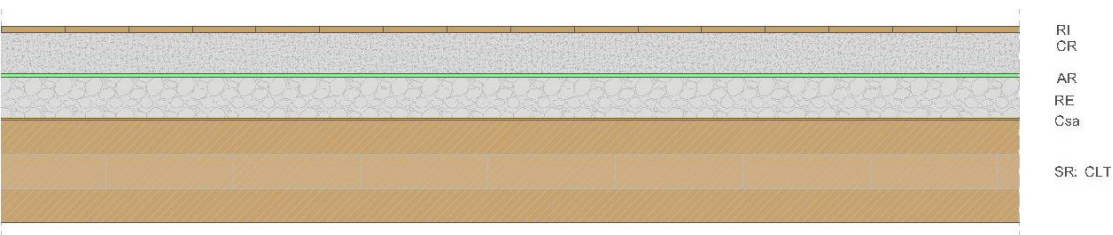
FOU ENT – EO: forjado unidireccional, entramado, estructura oculta.



FOU CLT – T: forjado unidireccional, CLT, simple, trasdosado.

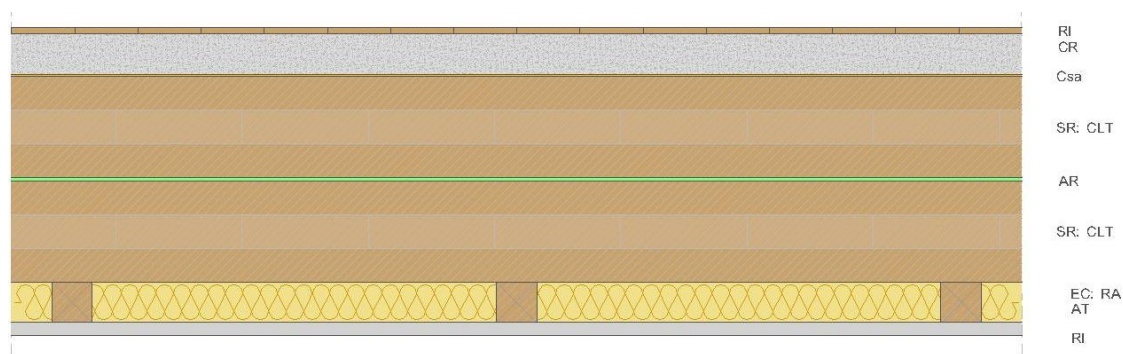


FOU CLT – NT: forjado unidireccional, CLT, simple, no trasdosado.

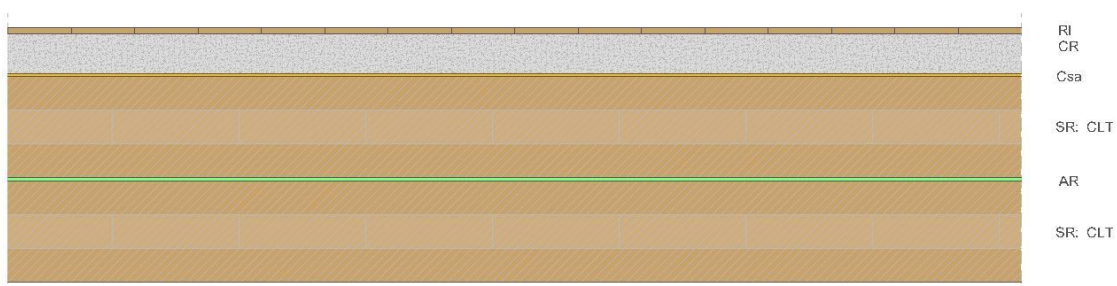




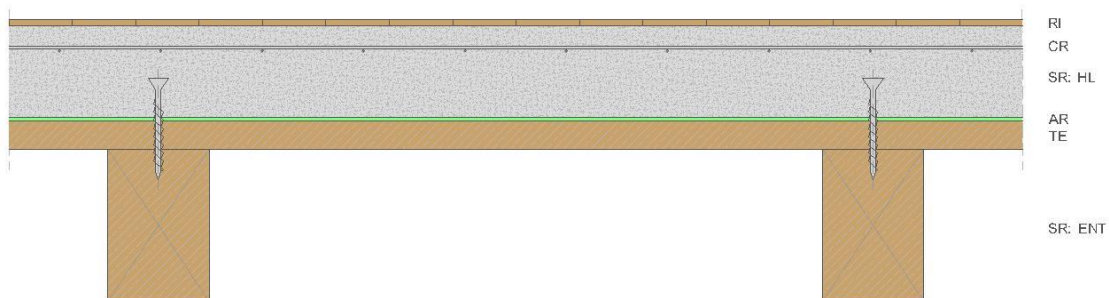
FOU 2CLT – T: forjado unidireccional, CLT, doble, trasdosado.



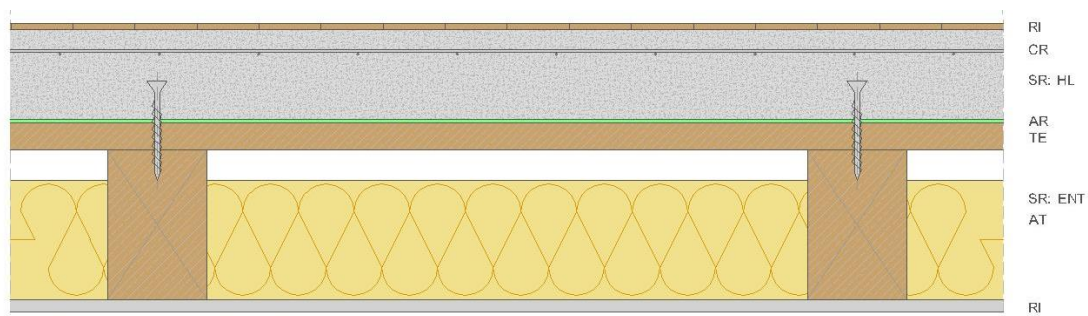
FOU 2CLT – T: forjado unidireccional, CLT, doble, no trasdosado.



FOU MX – EV: forjado unidireccional, mixto, estructura vista.

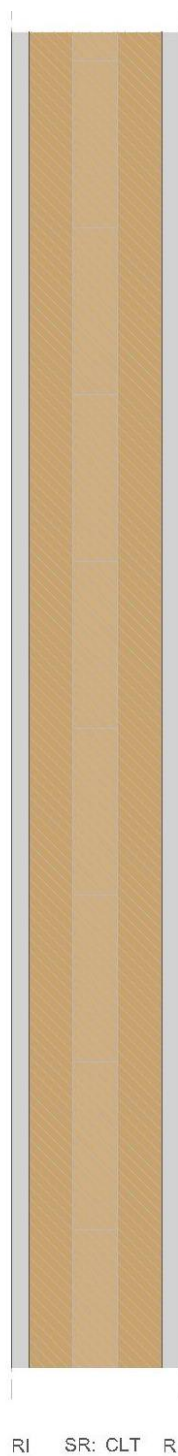


FOU MX – EO: forjado unidireccional, mixto, estructura oculta.

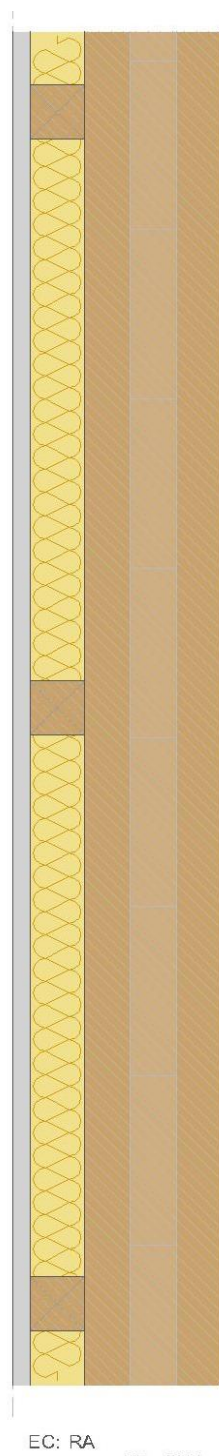


## 5.5. Soluciones de tipo partición

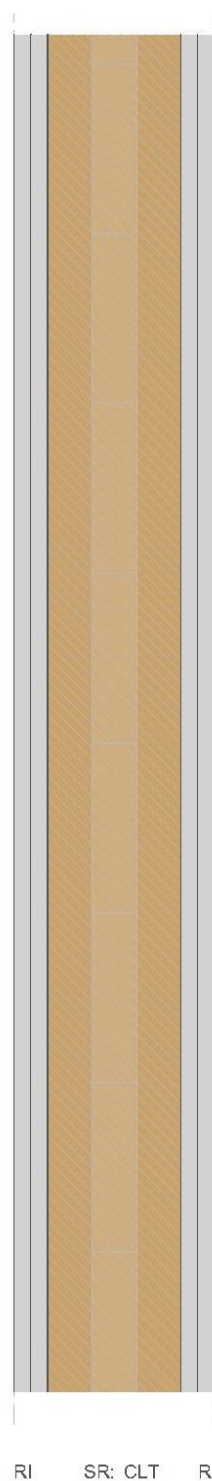
P TAB CLT: partición vertical, tabiquería, CLT, acabado simple, no trasdosado.



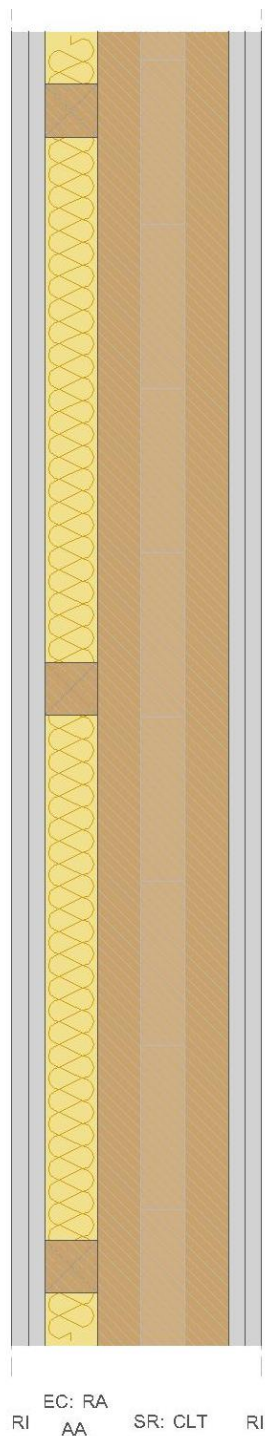
P TAB CLT t: partición vertical, tabiquería, CLT, acabado simple, trasdosado.



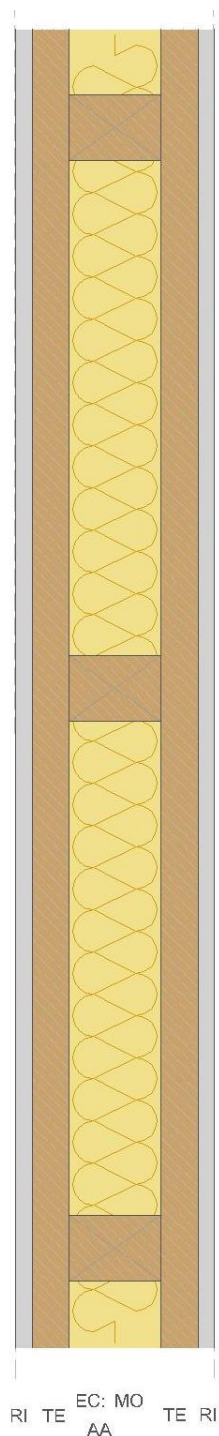
P TAB CLT – 2Ac: partición vertical, tabiquería, CLT, acabado doble, no trasdosado.



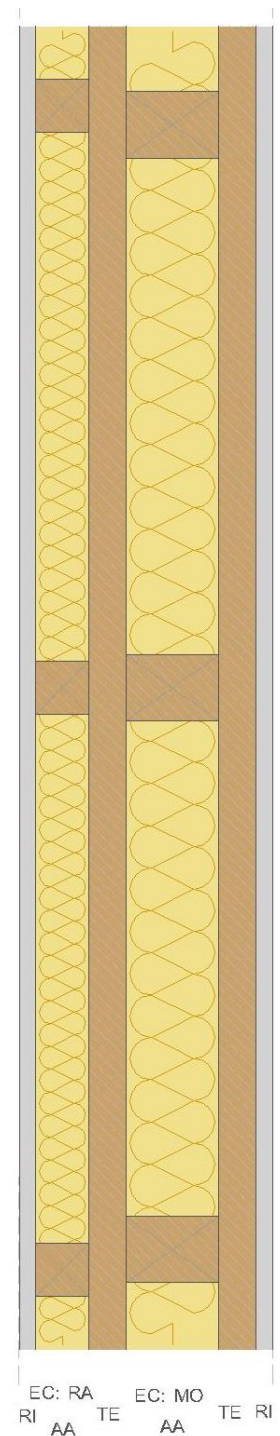
P TAB CLT – 2Ac t: partición vertical, tabiquería, CLT, acabado doble, trasdosado.



P TAB MON: partición vertical tabiquería, montantes, acabado simple, no trasdosado.

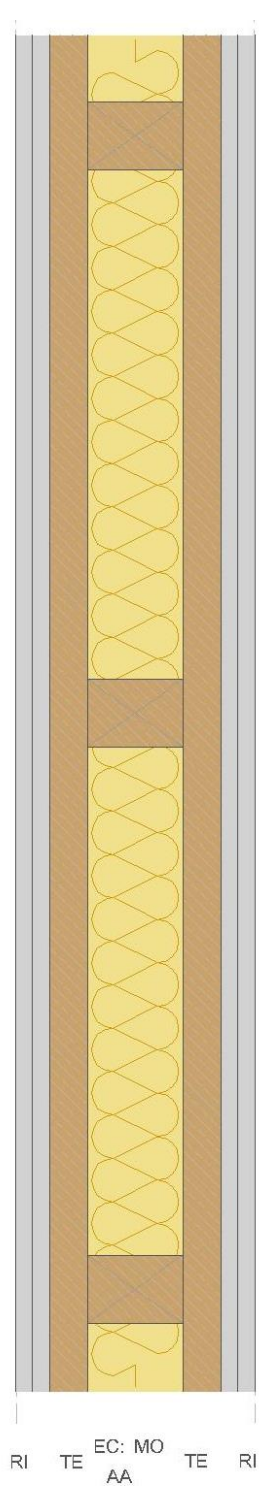


P TAB MON t: partición vertical, tabiquería, montantes, acabado simple, trasdosado.

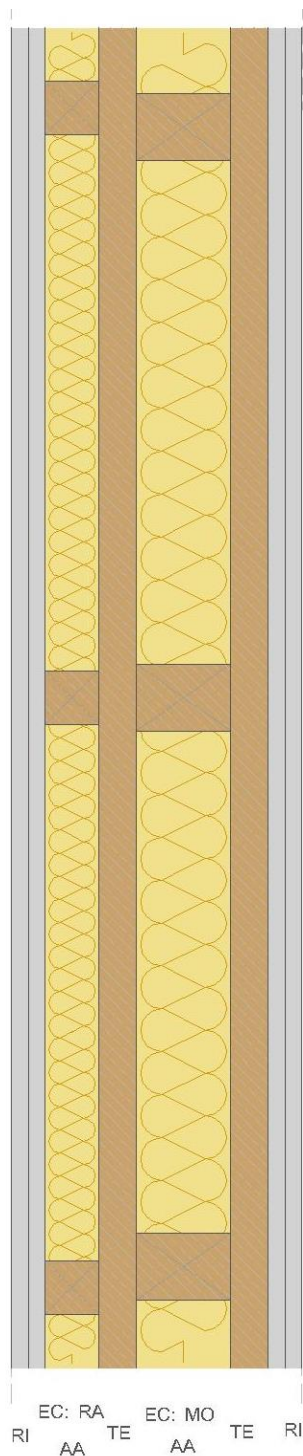




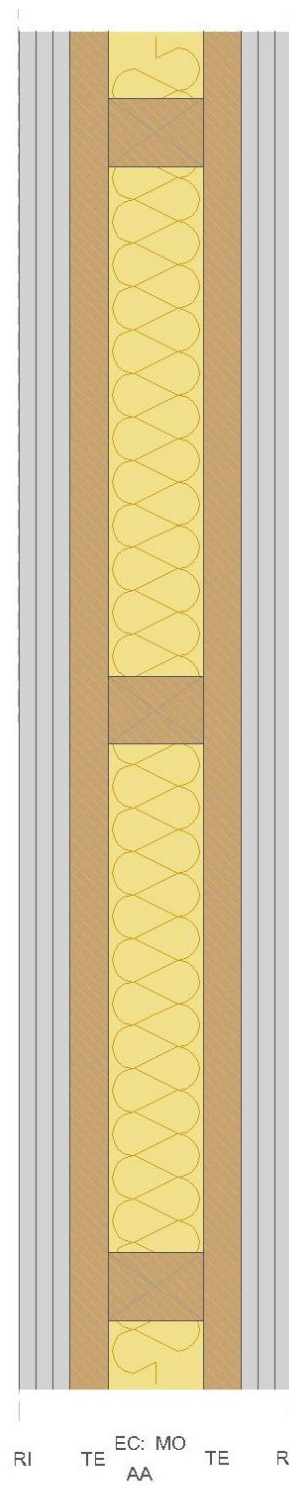
P TAB MON – 2Ac: partición vertical, tabiquería, montantes, acabado doble, no trasdosado.



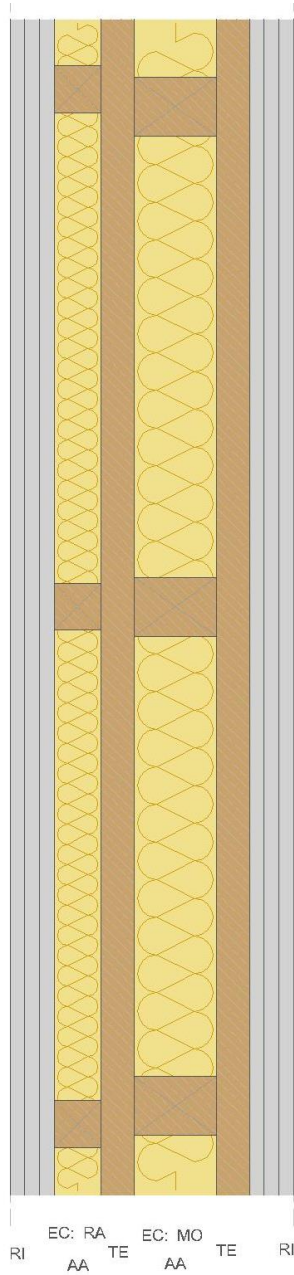
P TAB MON – 2Ac t: partición vertical, tabiquería, montantes, acabado doble, trasdosado.



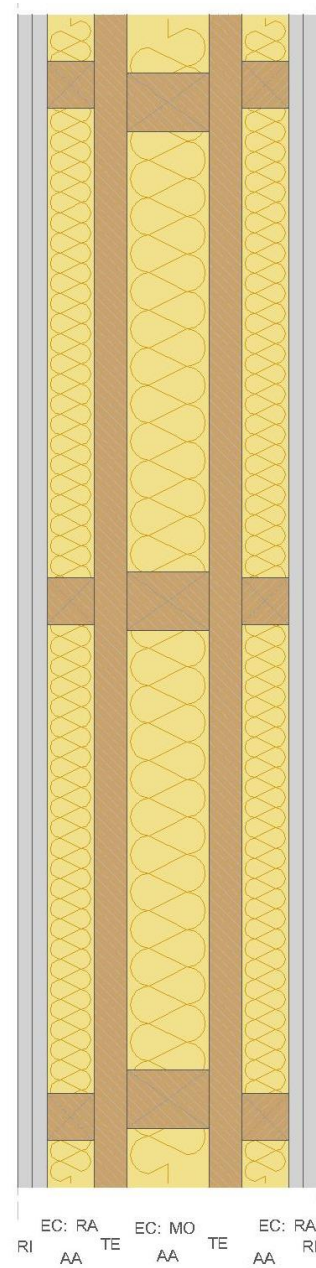
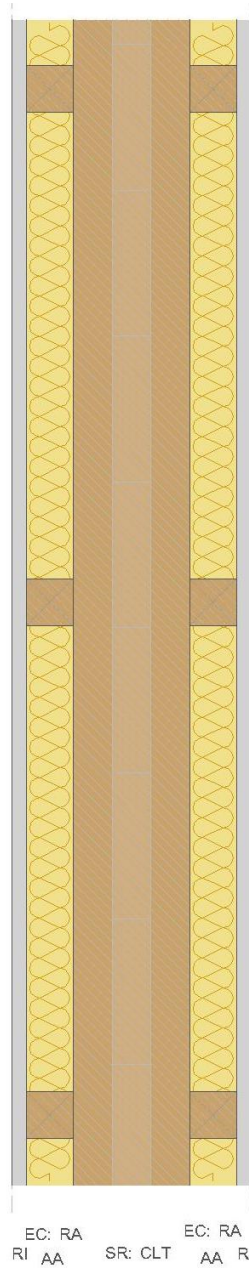
P TAB MON – 3Ac: partición vertical, tabiquería, montantes, acabado triple, no trasdosado.



P TAB MON – 3Ac t: partición vertical, tabiquería, montantes, acabado triple, trasdosado.

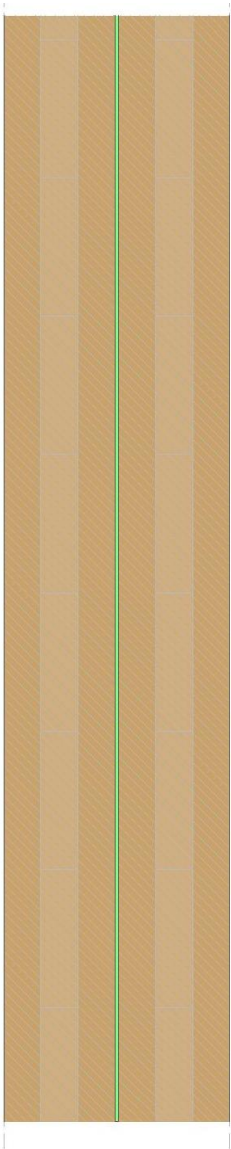


P SEU CLT – 2Ac 2t: partición vertical, separación entre usuarios, CLT simple, acabado doble, doble trasdosado.



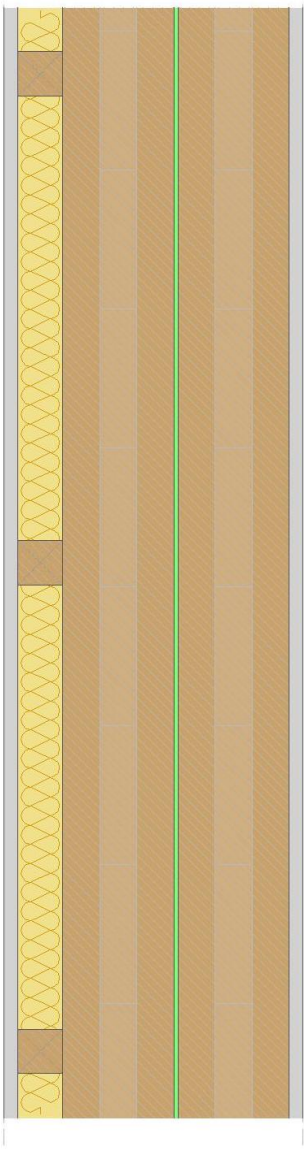
P SEU CLT 2t: partición vertical, separación entre usuarios, CLT simple, acabado simple, doble trasdosado.

P SEU 2CLT: partición vertical, separación entre usuarios, CLT doble, acabado simple, no trasdosado.

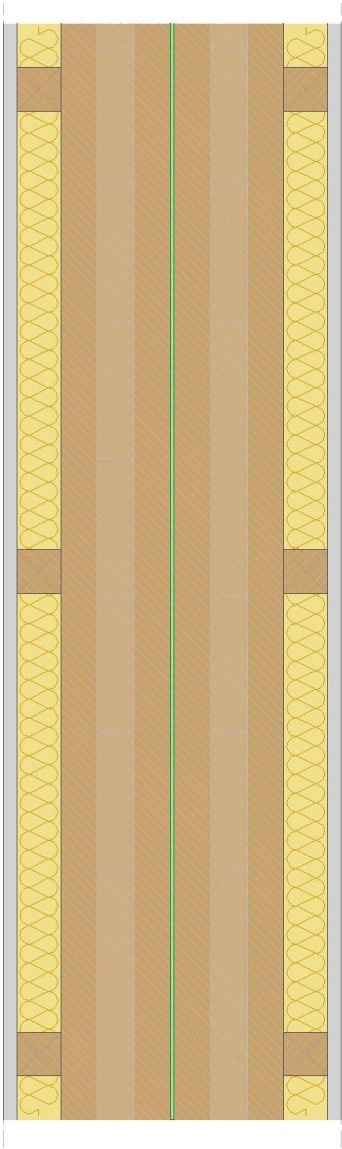


SR: CLT    AR    SR: CLT

P SEU 2CLT 2t: partición vertical, separación entre usuarios, CLT doble, acabado simple, doble trasdosado.



EC: RA  
RI    AA    SR: CLT    AR    SR: CLT    RI

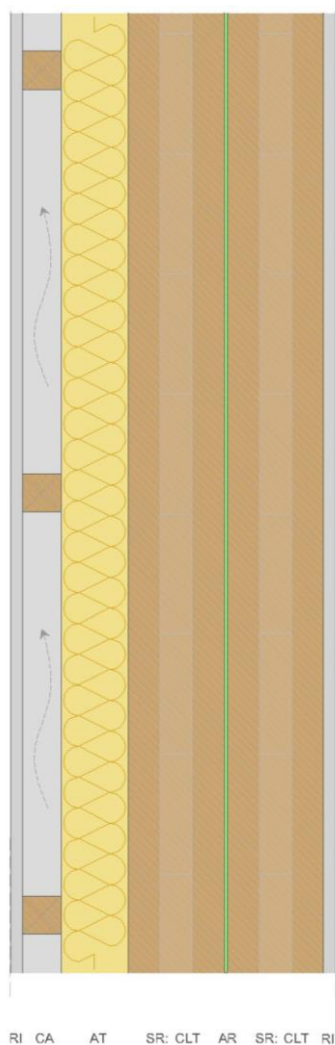


EC: RA  
RI    AA    SR: CLT    AR    SR: CLT    EC: RA  
RI    AA

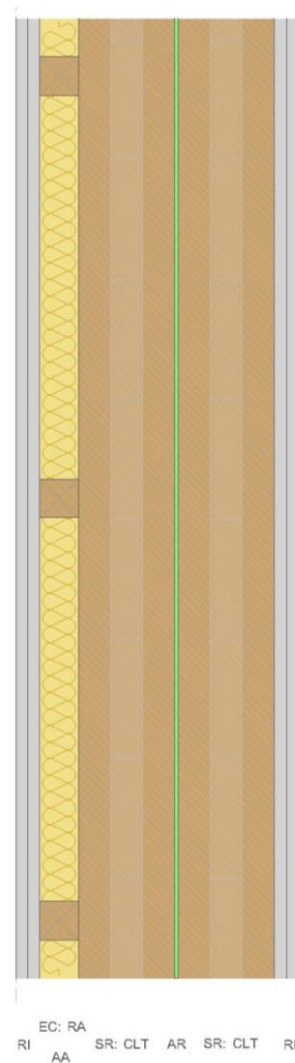
P SEU 2CLT t: partición vertical, separación entre usuarios, CLT doble, acabado simple, trasdosado.



PSEU 2CLT – AT+CA:  
partición vertical, separación  
entre usuarios, CLT doble,  
acabado simple.

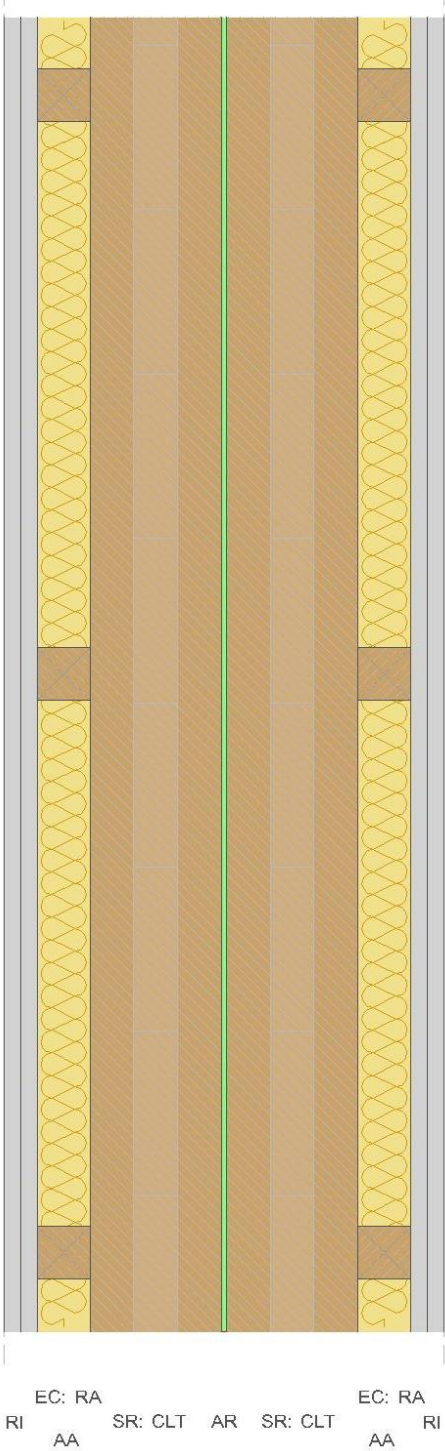


PSEU 2CLT - 2Ac t: partición  
vertical, separación entre  
usuarios, CLT doble, acabado  
doble, trasdosado.

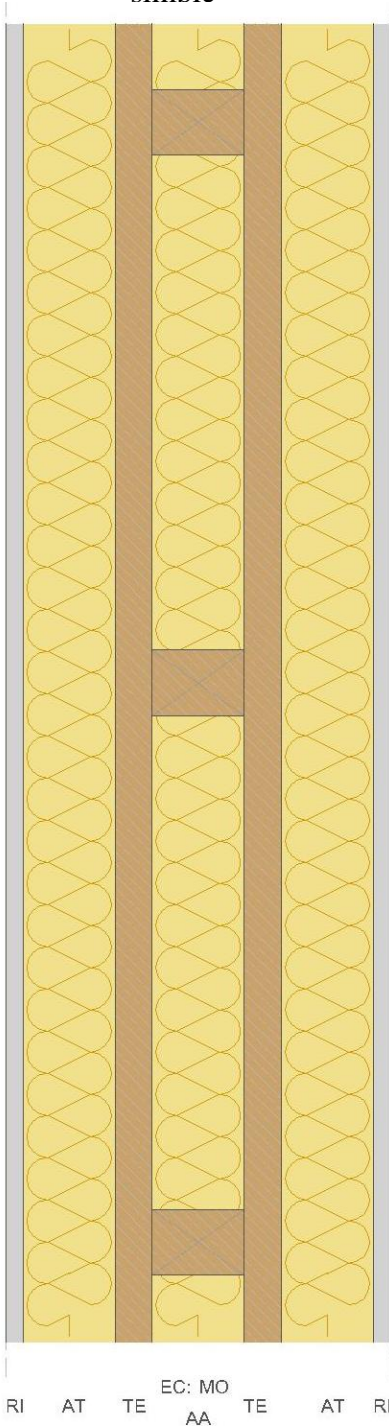


PSEU 2CLT - 2Ac: partición  
vertical, separación entre  
usuarios, CLT doble, acabado  
doble, no trasdosado.

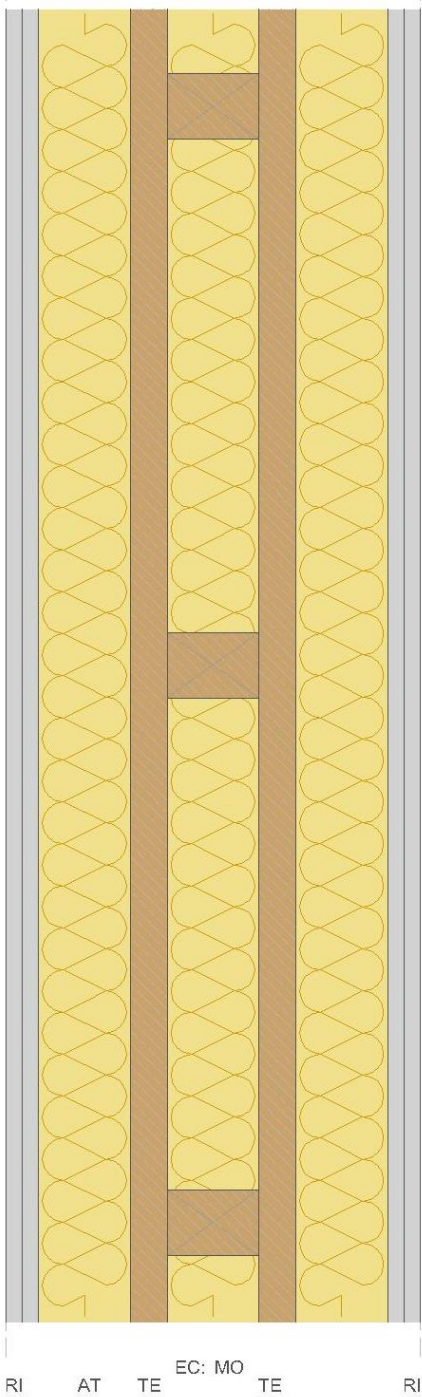
PSEU 2CLT - 2Ac 2t: partición vertical, separación entre usuarios, CLT doble, acabado doble, doble trasdosado.



PSEU ENT - 2AT: partición vertical, separación entre usuarios, montante simple, doble aislamiento, acabado simple



PSEU ENT - 2AT 2Ac: partición vertical, separación entre usuarios, montante simple, doble aislamiento, acabado doble.





## 6. Aspectos clave en el análisis de soluciones

### 6.1. Definición de Materiales

En este capítulo se proporciona un conjunto de posibles materiales para cada uno de los elementos constructivos que componen las soluciones propuestas anteriormente. Definir los materiales es fundamental para evaluar las prestaciones térmicas, acústicas, de humedad y frente al fuego. De este modo se adjuntan por cada material valores térmicos, densidad y espesores comunes, así como detalles de productos comúnmente encontrados en el mercado español. Estos son utilizados en la construcción de edificios para los cálculos de transmisión de calor, evaluación del riesgo de formación de condensaciones y cumplimiento de la normativa acústica según el Código Técnico de la Edificación.

La relación de posibles materiales a utilizar para cada elemento constructivo es muy amplia y va a depender directamente del diseño proyectado para cada construcción específica. En este apartado se aporta un primer acercamiento a la lista de posibles materiales a utilizar y se asignarán de forma arbitraria y a modo de ejemplo a las soluciones constructivas para poder evaluar sus prestaciones. Estas dependerán en gran medida de los espesores y materiales utilizados, pero esta primera aproximación es de utilidad para obtener valores orientativos y poder hacer comparaciones entre diferentes sistemas constructivos y materiales. Para ello, dentro de cada solución constructiva se detallarán diferentes variables con distinta composición de materiales.

La Tabla 9. muestra la relación de materiales utilizada en esta fase del proyecto. Se detalla el elemento constructivo al que se asigna el material y se codifica con una combinación de letras y número en su caso para diferenciar entre materiales. Este código asignado a cada material será el que se utilice en las fichas técnicas para definir el material que constituye en cada caso cada elemento constructivo. Además, en la tabla también se incluye una pequeña descripción técnica del material. Los datos proporcionados en la tabla son los siguientes:

- Código general (en negrita); abreviatura de dos letras que recoge materiales con la misma función dentro de la solución constructiva.
- Código específico (CÓD.), se basa en el general, pero incluye numeración a la izquierda para diferenciar entre los distintos materiales dentro del grupo de funcionalidad.
- Material: nombre completo del material.
- Espesor, E, en milímetros (mm)
- Densidad,  $\rho$ , en  $\text{kg/m}^3$ ;
- Conductividad térmica,  $\lambda$ , en  $\text{W/m.K}$ ;
- Calor específico,  $C_p$ , en  $\text{J/kg K}$ ;
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco,  $\mu$ , adimensional.

Tabla 9. Listado de materiales que componen las soluciones constructivas.

	<b>CÓD.</b>	<b>Material</b>	<b>E</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b>Cp</b>	<b><math>\mu</math></b>
<b>PE</b>	PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
	PE2	Piedra natural (pizarra)	10	2400	2,2	1000	800
	PE3	Solado cemento	50	2000	1,333		
<b>RE</b>	RE1	Paneles madera	30	550	0,15		
<b>CR</b>	CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
<b>CS</b>	CS1	Geotextil antipunzonante (FIELTRO)	1,1	120	0,05	130	15
<b>CI</b>	CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
	CI2	Material Bituminoso Monocapa	5	1500	0,475	1000	50000
<b>AT</b>	AT1	Lana de roca	100	100	0,035		1
	AT2	Lana de roca	70	100	0,035		1
	AT3	Lana de roca	40	100	0,035		1
	AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04		1
	AT5	Tablero aislante fibra madera	70	170	0,04		1
	AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04		1
	AT7	Poliestireno extruido	100	32	0,036	1.450	160
	AT8	Poliestireno extruido	40	32	0,036	1.450	160
<b>AA</b>	AA1	Lana de roca	70	100	0,035		1
	AA2	Lana de roca	40	100	0,035		1
<b>SR</b>	SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13		50
	SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13		50

	SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
	SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
	SR: ENT3	Perfiles de madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)	120	510	0,18	1600	20
	SR: ENT4	Perfiles de madera en dúos o tríos	120	510	0,18	1600	20
	SR: ENT5	Perfil de madera laminada encolada	120	510	0,18	1600	20
	SR: ENT6	Perfil de madera microlaminada	120	510	0,18	1600	20
	SR: HL1	Hormigón Ligeró	90	2300	1,8	1000	75
<b>TE</b>	TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
	TE 2	Tablero madera maciza	28	450	0,15	1600	20
	TE 3	Tablero LVL	28	580	0,18	1700	20
	TE 4	Tablero de partículas	38	580	0,15	1700	20
	TE 5	Tablero Contrachapado	28	550	0,17	1600	90
<b>EC</b>	EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13		50
	EC: RA2	Listones de madera: madera aserrada longitudinal (tabla o listón)	40	450	0,15	1600	20
	EC: MO1	Montante madera maciza	70	540	0,13		
<b>RI</b>	RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25		280
	RI2	Tablero madera	18	550	0,156		
	RI3	Tablero OSB	28	650	0,13	1700	30

	RI4	Suelo madera	10	550	0,15		
<b>PS</b>	PS	Panel Sandwich TERMOCHIP SATE	106	166,6	0,2624		
<b>RE</b>	RE	Relleno árido ligero perlita	40	1000	0,41	1000	10
<b>AR</b>	AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064		
<b>BV</b>	BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	
<b>CA</b>	CA	Cámara de aire de 28 mm	25	1,1	0,18		0,028
<b>BA</b>	BA	Barrera antihumedad transpirable	0,5	260	0,5	1800	100000
<b>SAT E</b>	SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior	120	32	0,036	1.450	160

(\*) Los valores técnicos de cada material han sido recopilados fundamentalmente del Catálogo de Elementos Estructurales del CTE, salvo algunas excepciones como es el caso de las lanas de roca, cuya fuente es ROCKWOOL, los productos técnicos de madera, para los cuales se han utilizado valores medios proporcionados por AITIM, EGOIN para el CLT y TERMOCHIP, para los valores del Panel Sándwich).

## 6.2. Salubridad

Los cálculos para las prestaciones de salubridad se llevan a cabo según lo establecido en el Código Técnico de la Edificación. Esta sección se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE.

En el caso de construcción con madera, el cálculo de esta prestación se vuelve aún más fundamental debido a la alta afección que la humedad puede ocasionarle.

Los cálculos se basan en el documento DB HS.1 del CTE, aportando valor numérico únicamente en el caso de fachadas y consideraciones a tener en cuenta en el caso de cubiertas.

### ***Cálculo de Salubridad en fachadas:***

El documento DB HS.1 facilita el cálculo del Grado de Impermeabilidad (GI) que presenta la fachada. GI representa la resistencia al paso de agua que caracteriza a una solución constructiva concreta. A mayor GI mayor es la resistencia al paso del agua, aplicándose la gradación de forma independiente para cada elemento constructivo.

En la siguiente tabla (Tabla 10) se recoge el contenido de la tabla 2.7 del DB HS.1 del CTE y permite obtener el Grado de Impermeabilidad de la fachada en función de las capas que la compongan.

*Tabla 10. Condiciones de las soluciones de fachada. Fuente: CTE.*

		Con <i>revestimiento exterior</i>			Sin <i>revestimiento exterior</i>			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 <sup>(1)</sup>			C1 <sup>(1)</sup> +J1+N1			
	≤2				B1+C1+J1+N1	C2+H1+J1+N1	C2+J2+N2	C1 <sup>(1)</sup> +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2		B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 <sup>(1)</sup>	B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1		

Siendo,

R) Resistencia a la filtración del revestimiento exterior:

R1 El revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia media a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

- revestimientos discontinuos rígidos pegados (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

R2 El revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los revestimientos discontinuos rígidos fijados mecánicamente dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas.

R3 El revestimiento exterior debe tener una resistencia muy alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos
- revestimientos discontinuos fijados mecánicamente de alguno de los siguientes elementos dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1

#### B) Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B1 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración. (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

B3 Debe disponerse una barrera de resistencia muy alta a la filtración (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

#### C) Composición de la hoja principal:

C1 Debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor medio (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

C2 Debe utilizarse una hoja principal de espesor alto (características específicas detalladas en el documento DB HS.1 del CTE).

#### H) Higroscopicidad del material componente de la hoja principal:

H1 Debe utilizarse un material de higroscopicidad baja, que corresponde a una fábrica de: - ladrillo cerámico de succión  $\leq 4,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}$ , según el ensayo descrito en UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006; - piedra natural de absorción  $\leq 2\%$ , según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

#### J) Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal:

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;

J2 Las juntas deben ser de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero con adición de un producto hidrófugo, de las siguientes características: - sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja; - juntas horizontales llagueadas o de pico de flauta; - cuando el sistema constructivo así lo permita, con un rejuntado de un mortero más rico. Véase apartado 5.1.3.1 para condiciones de ejecución relativas a las juntas.

N) Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal:

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

N2 Debe utilizarse un revestimiento de resistencia alta a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes con un espesor mínimo de 15 mm o un material adherido, continuo, sin juntas e impermeable al agua del mismo espesor.

***Otras consideraciones a tener en cuenta:***

Para cubiertas y particiones interiores (verticales o forjados) no será necesario calcular el Grado de Impermeabilidad, sólo en el caso de fachadas es necesario cumplir las siguientes recomendaciones:

- Cuando la cubierta sea plana debe contar con un sistema de formación de pendientes para evacuación de agua en superficie.
- También se debe añadir en cubiertas inclinadas si su soporte resistente no cuenta con la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar.
- Barrera contra el vapor en los casos en los que se puedan producir condensaciones de vapor de agua. La barrera de vapor debe colocarse siempre en la cara caliente de la solución constructiva, debajo del aislante térmico.
- Es fundamental que incluya aislante térmico.
- Una capa separadora bajo la capa de impermeabilización y el aislante térmico, en los casos en los que deba separarse dos materiales químicamente incompatibles.
- Una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.10 o el solape de las piezas de la protección sea insuficiente.
- Una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse la adherencia entre ambas capas. Cuando:
  - (1) la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático.
  - (2) se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso además debe disponerse inmediatamente por

encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante.

- (3) una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando se utilice tierra vegetal como capa de protección; además debe disponerse inmediatamente por encima de esta capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante.
  - (4) la cubierta sea transitable para peatones; en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante.
  - (5) se utilice grava como capa de protección; en este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante.
- Una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, y un tejado, para cubiertas inclinadas, exceptuando los casos en los que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.
  - Además de la formación de pendientes y la correcta inclinación de esta, es fundamental que las cubiertas cuenten con un sistema de evacuación de aguas, (canalones, sumideros, rebosaderos) dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB HS.

### 6.3. Ahorro de energía

El aislamiento térmico en un edificio es fundamental para mejorar la eficiencia energética y conseguir un ahorro de energía, evitando el uso excesivo de calefacción y refrigeración.

Dónde mayor exigencia térmica se tiene es en fachadas y cubiertas ya que forman parte de la envolvente del edificio y son las que deben aislar de las condiciones climáticas exteriores. Estas exigencias térmicas dependen de la zona climática en la que se encuentre el edificio y vienen definidas en el DB HE-1 del CTE. Definir las soluciones en función de su masa, calor específico, espesor, conductividad térmica y resistencia al vapor de agua permite verificar las exigencias.

Las exigencias en forjados y particiones son menores, aunque cabe destacar que cuando se hable de separaciones entre viviendas entre distintos usuarios estas son de gran importancia para evitar el problema del robo de calor entre viviendas.

Para el cálculo de las prestaciones térmicas de las soluciones constructivas, se ha utilizado la metodología detallada en el documento DA DB-HE/1 del CTE “Cálculo de parámetros característicos de la envolvente”. Este documento describe varios métodos simplificados que se pueden emplear para el cálculo de los parámetros característicos de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio.

Los conceptos básicos necesarios para el cálculo de las prestaciones de ahorro de energía son las que siguen:

- la transmitancia térmica  $U$ , en  $W/m^2 K$ , o la resistencia térmica  $R$ , en  $m^2 K/W$  del elemento constructivo;



- la transmitancia térmica de los huecos UH, en W/m<sup>2</sup> K;
- el factor solar de los huecos FH/FS, adimensional;
- puentes térmicos: se indican las zonas climáticas en las que existe riesgo de formación de condensaciones superficiales (cuando el factor de resistencia superficial interior fR<sub>si</sub> del puente térmico es inferior al valor mínimo indicado en el HE1 para espacios de clase de higrometría 3)

El cálculo se centra en la transmitancia térmica ‘U’ de cada solución constructiva.

Para ello en primer lugar se han calculado las resistencias térmicas de cada uno de las capas que componen la solución constructiva, mediante la utilización de la siguiente relación:

$$(1) R_n = e / \lambda$$

Siendo,

‘e’ el espesor de la capa en ‘metros’. En este caso no se utiliza ninguna capa de espesor variable, pero de ser utilizada se considera el espesor medio;

‘λ’ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNEEN 10456:2012 y que viene recogida en el presente documento para cada material en la tabla de descripción de materiales.

Una vez calculadas las resistencias de cada capa, se puede obtener la resistencia térmica total de la solución constructiva a partir de la siguiente expresión:

$$(2) R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo,

‘R<sub>T</sub>’ la resistencia total de la solución constructiva [m<sup>2</sup>K/ W].

‘R<sub>si</sub> y R<sub>se</sub>’ las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla 1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup>K/ W].

‘R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> ... R<sub>n</sub>’ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (1) [m<sup>2</sup>K/ W].

Por último, conocida la resistencia térmica total de la solución constructiva se procede al cálculo de la transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K), que viene dada por la siguiente expresión:

$$(3) U = 1 / R_T$$

Siendo,

‘U’ la transmitancia térmica total de la solución constructiva [W/m<sup>2</sup> · K]

De este modo se caracteriza cada solución constructiva en cuanto a transmitancia térmica global, factor que ayuda a catalogar el buen o mal comportamiento térmico de la solución, aunque no nos permita valorar si cumple térmicamente o no (ya que, para ello, como se ha comentado al inicio de este capítulo, se debe conocer la zona climática en la que se encuentra el edificio).

#### 6.4. Protección frente al ruido

La protección frente al ruido es otra prestación fundamental que toda solución constructiva debe cumplir. En la actualidad los niveles de ruido a los que la población se ve expuesta en ciudades o zonas industriales superan a los recomendados para la salud humana. De este modo el CTE establece unos umbrales de protección frente al ruido exterior para fachadas y cubiertas e interior para separaciones entre distintos usuarios de viviendas.

El cálculo detallado de los valores necesarios se encuentra recogido en el DB HB CTE. En el presente estudio técnico se han calculado para cada solución constructiva los siguientes índices:

- el índice global de reducción acústica ponderado A,  $R_A$ , en dBA;
- el índice de global de reducción acústica, ponderado A, para ruido de automóviles, de fachadas y cubiertas  $R_{A,tr}$ , en dBA;

Estos valores de aislamiento acústico de las soluciones constructivas se han estimado usando modelos teóricos para particiones simples, dobles y triples. Se ha usado el programa INSUL (Imagen 2), que permite predecir los siguientes índices de aislamiento acústico:

- Índice de reducción sonora,  $R$
- Nivel de presión de ruido de impactos,  $L_n$

Ambos índices se han calculado para las frecuencias de 100 a 5000 Hz. A partir de esta información se obtiene la vertida en el catálogo, que corresponde a los índices globales ( $R_A$ ,  $R_{A,tr}$  y  $L_{n,w}$ ).

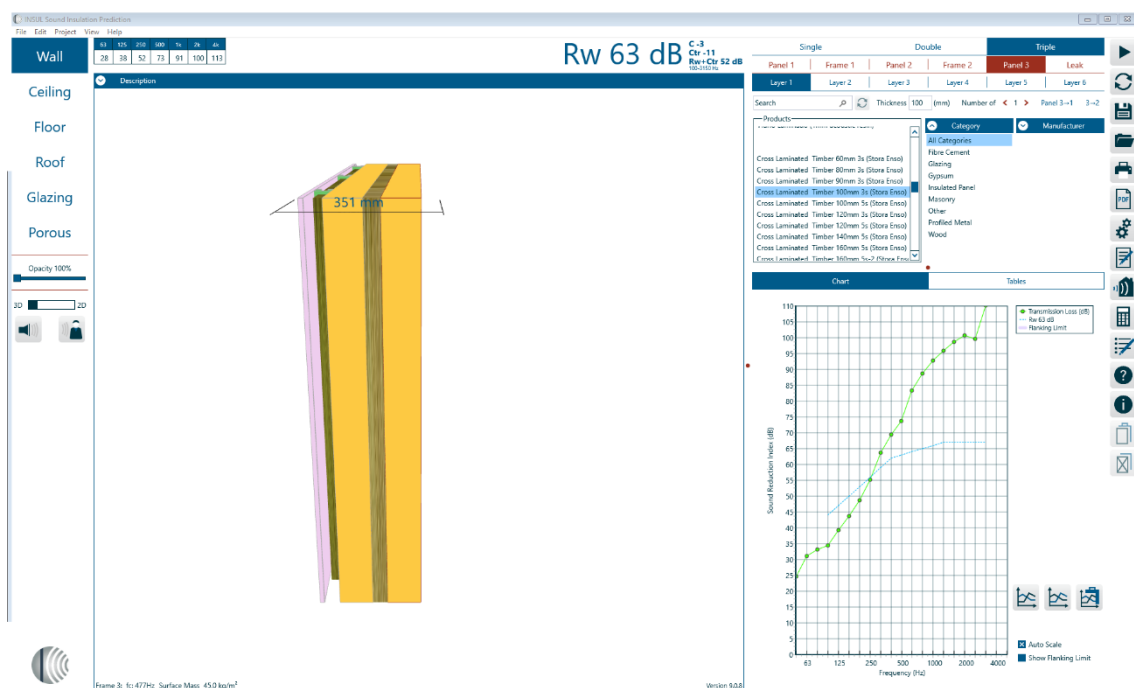


Imagen 2. Visualización de la interfaz del programa de cálculo acústico INSUL utilizado.

Se han realizado asimilaciones para poder estimar todos los valores correspondientes a la amplia variedad de soluciones aportadas. Una de las razones por las que se ha recurrido a cálculos es la práctica inexistencia de valores medidos de aislamiento acústico para soluciones con base de madera (entramado y CLT). Esto ha motivado la realización de cálculos mediante los métodos disponibles.

Los valores de aislamiento acústico calculados, y que se aportan en el catálogo deben entenderse como estimaciones razonables. Dichas estimaciones no deben sustituir a valores de aislamiento acústico obtenidos mediante mediciones en laboratorios, ya que las mediciones van a ser más siempre más precisas.

Esto hace que no a partir de los resultados obtenidos no se pueda determinar si una solución cumple acústicamente o no. El ruido no se transmite únicamente de forma lineal por la solución constructiva, sino que también lo hace por los elementos que tiene a su alrededor, como pueden ser uniones, forjados colindantes, huecos (ventanas y puertas), etc. Y en función del modo de ejecución de la obra. De este modo, los valores obtenidos en ensayo o modelado teórico siempre serán mayores a los que realmente tengan in situ. La diferencia entre los valores calculados y los valores de ensayo suele ser de 3 Db.

Así, los valores de RA y R<sub>At</sub> incluidos en las fichas, dan una aproximación de la bondad de una solución ante el aislamiento acústico y permite hacer comparaciones entre diferentes tipologías constructivas, pero no catalogar si una solución cumple con la normativa o no.

## 6.5. Fuego

La resistencia al fuego debe adecuarse a lo establecido en el Documento Básico del CTE. Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Las secciones

de este DB se corresponden con las exigencias básicas SI 1 a SI 6. La correcta aplicación de cada Sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad en caso de incendio".

Casi con total seguridad, el comportamiento al fuego es la prestación con la que más prejuicios se encuentra la madera, debido a su combustibilidad. Pero es importante remarcar que el riesgo no tiene por qué ser más elevado que una construcción que utilice como soporte resistente otro material. Se justifica por los siguientes motivos:

- La estructura se calcula para cumplir tiempos de evacuación determinador por el CTE.
- La naturaleza de su combustión, hace que a pesar del daño que sufre la madera durante el incendio, su capacidad resistente se mantenga durante un tiempo más que suficiente.
- La pérdida de capacidad portante de la estructura durante un incendio se debe únicamente a la reducción de la sección ocasionada por la carbonización en las caras expuestas al incendio.
- La madera se puede proteger mediante diversos métodos para reducir su combustibilidad en gran medida.

La seguridad frente a incendio depende de la elección de los materiales y del diseño. La elección de los materiales será correcta o incorrecta en función del diseño que se haya tomado en el edificio. Por lo que para una adecuada consideración de la seguridad frente a incendio es de capital importancia revisar las consideraciones pertinentes a diseño que se recogen en el DB SI del CTE. En el presente documento se recogerán ciertas indicaciones referentes a la naturaleza del comportamiento de la madera frente al fuego.

El comportamiento al fuego de un material se rige por dos características:

- La Resistencia al Fuego: Capacidad que tiene un elemento de construcción de conservar la función portante y la integridad y el aislamiento térmico que se le exige en el ensayo normalizado correspondiente (DPC-DI2) durante un período de tiempo determinado. Se indica con tres letras y unas cifras. Las letras indican que parámetros se han tenido en cuenta en el ensayo del material (R: resistencia, E: aislamiento e I: integridad). Las cifras indican el tiempo que se conservan dichas características.
- La Reacción al Fuego: Contribución al desarrollo del incendio que presenta un material a raíz de su propia combustión bajo condiciones de ensayo específicas (DPC-DI2). En este parámetro se recoge la contribución a la propagación del incendio, la opacidad de los humos producidos en la combustión y el desprendimiento de gotas o partículas inflamadas que presenta la quemarse un material.

La madera presenta una muy buena resistencia al fuego y muy mala reacción.

Para comprobar el comportamiento frente al fuego de las soluciones constructivas propuestas se ha utilizado el anexo E del "Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de

madera” correspondiente a la Norma UNE- EN 1995-1-2, versión oficial en español de las Normas Europeas EN 1995-1-2:2004 y EN 1995-1-2:2004/AC:2009.

El Anexo E recoge el análisis de la función de sectorización de los sistemas de muros y forjados, y se ha utilizado para obtener los valores de EI de cada solución constructiva. No se han calculado valores de R, ya que las soluciones constructivas son genéricas y no se han dimensionado cargas.

Para llevar a cabo el cálculo según lo establecido en la norma, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones iniciales:

- En la parte no expuesta al fuego la fijación del tablero debe asegurarse en la madera sin carbonizar.
- Se supone el cumplimiento de los requisitos de integridad (criterio E) cuando se cumplen los requisitos de aislamiento (criterio I) y los tableros continúan fijados al entramado de madera en la parte no expuesta.
- En piezas de sectorización se comprueba si

$$t_{ins} \geq t_{req} \quad (E.1)$$

donde:

$t_{ins}$  es el tiempo transcurrido para alcanzar un incremento de temperatura media en el conjunto de la cara no expuesta por debajo de 140 K y que el incremento de la temperatura máxima alcanzada en cualquier punto de la superficie no supere los 180 K.

$t_{req}$  es el periodo de resistencia al fuego requerido para la función de sectorización en el sistema

### **Esquema de cálculo empleado, en base a la Norma UNE- EN 1995-1-2:**

1. Para calcular el valor de  $t_{ins}$  se suman las contribuciones de las capas individuales utilizadas en la construcción, de forma que:

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,0,i} k_{pos} k_j \quad (E.2)$$

Donde

$t_{ins,0,i}$  es el valor de aislamiento básico de la capa “i” en minutos, véase el apartado E.2.2;

$k_{pos}$  es un coeficiente de posición

$k_j$  es un coeficiente de junta

El número relevante de capas se determina a partir de la tabla E.1 y de la figura E.1.

Tabla 11. Información de la Tabla E.1 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2: Camino para el paso del calor a través de la capa. (Fuente: Norma UNE- EN 1995-1-2)

	Aumento de la temperatura en la cara no expuesta	Camino de paso del calor de acuerdo con la figura E.1
Elemento constructivo en general	140	a
Juntas	180	b
Instalaciones	180	c,d

Según la figura E.1 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2, se establecen 4 caminos de paso del calor del fuego a través de un elemento constructivo, estos son;

- a. Únicamente a través del sistema constructivo.
- b. Justo entre juntas de revestimientos o tableros estructurales exteriores a la estructura.
- c y d. A través de zonas en las que se interrumpe el sistema constructivo debido a instalaciones.

(\*) Consultar figura E.1 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2

2. Cuando un elemento constructivo de sectorización está formado por una única capa, por ejemplo un muro sin aislamiento con un cerramiento sólo en una cara,  $t_{ins}$  se toma igual al valor de aislamiento básico del cerramiento y, si procede, multiplicado por  $k_j$ .

#### Cálculo de $t_{ins}$ :

El método es válido para comprobar la resistencia al fuego de hasta 60 min se aplican los valores de este apartado. Sólo es válido para categorizar una estructura con EI 60, si se alcanza un tiempo superior solo se puede concluir que la estructura tendrá un comportamiento al fuego mejor a EI 60, pero no podrá ser catalogado como más.

Para determinar los valores de aislamiento básicos de los tableros se usan las siguientes expresiones:

- para tableros contrachapados con una densidad característica mayor o igual que  $450 \text{ kg/m}^3$

$$t_{ins,0} = 0,95 h_p \quad (\text{E.3})$$

- para tableros de partículas y de fibras con una densidad característica mayor o igual que  $600 \text{ kg/m}^3$ .

$$t_{ins,0} = 1,1 h_p \quad (\text{E.4})$$

- para tableros de madera maciza con una densidad característica mayor o igual que 400 kg/m<sup>3</sup>

$$t_{ins,0} = 0,5 h_p \quad (E.5)$$

- para tableros de placas de yeso laminado tipo A, F, R y H

$$t_{ins,0} = 1,4 h_p \quad (E.6)$$

Donde

$t_{ins,0}$  es el valor de aislamiento básico, en minutos;

$h_p$  es el espesor del tablero, en milímetros.

(\*) Cuando las cavidades están parcial o completamente rellenas con aislamiento de fibra de vidrio o lana de roca, los valores básicos de aislamiento se determinan mediante las siguientes expresiones:

- para lana de roca:

$$t_{ins,0,i} = 0,2 h_{ins} k_{dens} \quad (E.7)$$

- para fibra de vidrio

$$t_{ins,0,i} = 0,1 h_{ins} k_{dens} \quad (E.8)$$

Donde

$h_{ins}$  es el espesor del aislamiento, en milímetros;

$k_{dens}$  viene dado en la tabla E.2. del anexo E de la Norma UNE-EN 1995-1-2: Valores de  $k_{dens}$  para los materiales de aislamiento de la cavidad

Cálculo de  $k_{pos}$ :

- (1) Para muros con revestimientos de una sola capa, el coeficiente de posición para los tableros situados en la cara expuesta de los muros se toma de la tabla E.3, y para los tableros de la cara no expuesta de los muros de la tabla E.4, utilizando las siguientes expresiones:

$$k_{pos} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,02 h_p + 0,54 \\ 1 \end{array} \right.$$

$$k_{pos} = 0,07 h_p - 0,17 \quad (E.9 \text{ y } E.10)$$

Donde  $h_p$  es el espesor del panel en la cara expuesta.

El coeficiente de posición,  $k_{pos}$ , para una cavidad vacía y una capa de aislamiento se toma igual a 1,0 si el tablero expuesto está fabricado con materiales distintos de



placas de yeso laminado tipo F. En el caso de paneles expuestos fabricados con placas de yeso laminado tipo F, el coeficiente de posición se toma como:

-  $k_{pos} = 1,5$  para una cavidad vacía, o una cavidad rellena con aislante de lana de roca;

-  $k_{pos} = 2,0$  para una cavidad rellena con aislante de fibra de vidrio.

Para la obtención de coeficientes de posición de tableros de capa simple en la cara expuesta se utiliza la tabla E.3 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2. De igual modo, para la obtención del coeficiente de posición para tableros de capa simple en la cara no expuesta se utiliza la tabla E.4, del citado documento anterior.

- (2) En los muros con revestimiento de doble capa (presentan la siguiente estructura: doble capa de revestimiento exterior, soporte estructural de madera más aislante ignífugo y de nuevo doble capa de revestimiento exterior), los coeficientes de posición se toman de la tabla E.5 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2.
- (3) En los forjados expuestos al fuego en la cara inferior, los coeficientes de posición para los tableros expuestos dados en la tabla E.3 deberían multiplicarse por 0,8.

#### Cálculo de $k_j$ :

- (1) El coeficiente de junta  $k_j$  se toma con valor 1 para los siguientes casos:
  - a. juntas entre tableros fijados a un cubrejuntas con un espesor al menos igual al del tablero o a un elemento estructural.
  - b. tableros de madera maciza.

NOTA: En los tableros de madera maciza el efecto de las juntas está incluido en los valores de aislamiento básicos  $t_{ins,0}$  dados en la expresión:

$$t_{ins,0} = 0,5 h_p$$

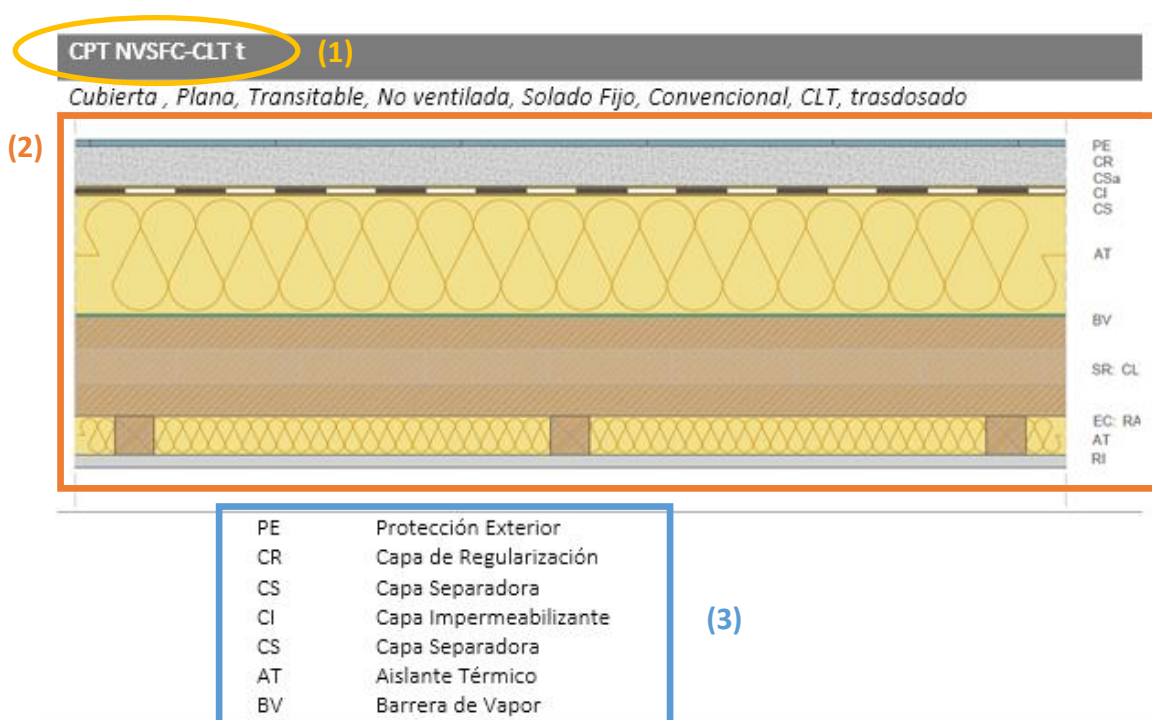
- (2) En las juntas entre tableros no fijados a un cubrejuntas, el coeficiente de junta  $k_j$  se toma de las tablas E.6 y E.7 del anexo E de la Norma UNE- EN 1995-1-2. Para los cálculos realizados en el presente trabajo se han utilizado los tipos de juntas más favorables, tipo E de la norma, caracterizados por ser uniones dentadas o machihembradas. El caso de uniones menos favorables sería el caso A de la norma, uniones simples encoladas.
- (3) En las juntas entre bloques de aislamiento, el coeficiente de junta debería tomarse como  $k_j = 1$

## 7. Fichas de soluciones constructivas

Una vez obtenida toda la información acerca de las soluciones constructivas, se propone la elaboración de fichas que recojan toda esta información de forma práctica y visual.

### *Ficha tipo*

Cada ficha está encabezada por el código identificativo de la solución constructiva (1) y a continuación la descripción completa de la solución constructiva, en función del sistema de clasificación detallado anteriormente. Bajo la descripción, se muestra un esquema de la solución constructiva (2) y se detallan los elementos que lo componen (3).



El segundo cuadro de la ficha recoge los materiales de cada elemento constructivo y las propiedades asociadas a dicho material (4). Cada elemento constructivo puede estar caracterizado por más de un código de material (5), esto es debido a que se utilizará cada uno para estudiar variantes diferentes. Por ejemplo, en este caso, para el elemento constructivo 'CLT' se recogen dos códigos de material diferente 'SR: CLT1' y 'SR: CLT2'. Esto se debe a que ambos, están definidos por propiedades diferentes (en este caso concreto sólo varía el espesor, pero puede variar incluso el material cómo puede verse en el caso de 'AT7' y 'AT4') y serán utilizados para calcular las prestaciones de diferentes variantes dentro de la misma solución constructiva. Cómo se puede observar las combinaciones de materiales y elementos constructivos son muchísimas, por ello en las fichas sólo se han elegido algunas combinaciones que a priori resultaban interesantes.

Caracterización de materiales						
(4)	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	$C_p$ (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
	PE1 Baldosa	6	2000	1	800	30
	CR1 Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
	CS1 Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
	CI1 PVC	5	1390	0,17	900	50000
	AT7 Poliestireno extruido	100	32	0,036	1450	160
	AT4 Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
	BV Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
(5)	SR: CLT1 Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
	SR: CLT2 Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50
	EC: RA1 Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
	EC: RA2 Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
	AT3 Lana de roca	40	100	0,035	0	1

En último lugar se muestran las prestaciones del sistema constructivo en su conjunto. La primera columna detalla la variante, y especifica dentro de los materiales que tienen más de una opción cuál de ellas se está utilizando para el cómputo final de los cálculos (6).

Además, incluye los valores obtenidos en los cálculos de fuego (EI), en transmisión de energía (HE), en salubridad (HS, sólo en fachadas) y para acústica (HR) que se recogen datos de masa por superficie,  $R_A$  y  $R_{A\ tr}$ .

Prestaciones solución constructiva						
(6)	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT7, SR:CLT1, EC:RA1, AT3,RI1	305,9		0,20	163,32	65	60
V2: AT4, SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	331,4		4,71	188,10	60	54

Se han elaborado un total de 23 fichas de soluciones constructivas, debido a la gran cantidad de soluciones constructivas obtenidas:

- 3 soluciones de cubierta: estas se han visto duplicadas en función de si tienen trasdosado interior o no, por tanto, dan lugar a un total de **6 fichas de soluciones constructivas de cubiertas**.
- 5 soluciones de fachada: de igual modo se ven duplicadas en función del trasdosado y se obtiene un total de **10 fichas de soluciones constructivas de fachada**.
- 2 soluciones de forjado: una de ellas se duplica por poder construirse con o sin trasdosado y se obtienen **3 fichas de soluciones constructivas de forjado**.
- 3 soluciones de partición: una de ellas se duplica por poder construirse con o sin trasdosado y se obtienen **4 fichas de soluciones constructivas de partición**.

Estas fichas se encuentran recogidas en el Anexo II.

## 8. Conclusiones y líneas futuras de trabajo

A partir del análisis realizado durante este estudio profesional (que forma parte de los trabajos en los que ha participado la autora en el marco del proyecto Madera Construcción Sostenible) y los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1) Existe una gran cantidad de productos técnicos de madera que pueden agruparse en familias. Es fundamental conocer sus características técnicas y su aplicabilidad dentro de sistemas constructivos. La revisión de familias de productos ha permitido la vinculación de materiales de construcción presentes en los elementos constructivos con productos de madera.
  - Como soporte resistente: madera aserrada estructural, perfiles KVH, dúos y tríos, madera laminada encolada, perfiles LVL y madera contralaminada (CLT).
  - Como tableros estructurales (también utilizados con la función de revestimiento interior): tablero de partículas, OSB, tablero contrachapado, tablero LVL y tableros de madera maciza.
  - Para rastreles: madera aserrada de forma longitudinal en forma de tabla o listón.
- 2) Se ha ampliado en gran medida el número de soluciones constructivas incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación.

Se extraen las siguientes conclusiones específicas:

  - Las soluciones constructivas en base a madera incluidas en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE son insuficientes para alcanzar los objetivos futuros de transición a una construcción sostenible. Únicamente se incluye una solución de cubierta, con 6 variantes, 1 de fachada, con 6 variantes y una de forjado, con 4 variantes.
  - Tras un estudio detallado de las diferentes modalidades posibles dentro de sistemas constructivos, se propone un sistema jerarquizado para la clasificación de cubiertas, fachadas, particiones y forjados.
  - A partir de este sistema de clasificación se obtiene un total de: 40 soluciones constructivas de cubiertas en base a madera, 12 soluciones constructivas de fachada, 8 de forjados y 24 de particiones verticales.
  - El sistema de clasificación utilizado para las soluciones constructivas no es un sistema cerrado, si no que permite ser ampliado gracias a su naturaleza jerárquica. Permite incluir nuevas soluciones constructivas que no formen parte de él en esta primera fase, y ser modificado según las necesidades del sector.
  - Se han elaborado esquemas que detallan los elementos constructivos de los que deben estar formadas las 84 soluciones constructivas propuestas.
- 3) El elevado número de soluciones constructivas que se preveía obtener y que finalmente se han caracterizado, ha condicionado que únicamente se evalúen en profundidad de forma técnica 6 soluciones constructivas de cubiertas, 10 de fachada, 4 forjados y 4 particiones verticales. De la evaluación técnica en profundidad de las soluciones constructivas analizadas destacan las siguientes conclusiones específicas:
  - Existe una gran variabilidad de materiales para cada elemento constructivo. Es de gran importancia caracterizarlos y definirlos porque influyen en gran medida en las prestaciones globales de la solución constructiva.

- Fuego: los mejores resultados se obtienen siempre en los casos en los que existe un elemento estructural de madera, pero los aislantes, rastreles y acabados interiores o exteriores son de otros materiales
  - Es imprescindible no utilizar aislantes que sean inflamables. La Normativa de cálculo utilizada no los contempla ya que pueden empeorar los resultados en cuanto a resistencia al fuego. En la segunda variante de cada solución constructiva propuesta se propone la utilización de tableros aislantes de fibra de madera prensada
  - En fachadas, las mejores prestaciones ante el fuego se obtienen con revestimientos interiores de yeso. En casos de fachada con entramado si se utilizan dos capas de revestimiento interior de yeso se mejoran mucho los resultados ante fuego.
  - Los revestimientos interiores de madera siempre dan peor resultados. En este estudio no se han considerado maderas ignífugas para el revestimiento, lo cual podría mejorar la prestación.
- Acústica:
  - Las prestaciones acústicas mejoran con el aumento del espesor en las soluciones de cubierta.
  - En fachadas y en particiones verticales las prestaciones acústicas siempre son mejores en las variantes 1, en los que el revestimiento interior es de yeso y utilizan perfilera metálica, y se obtienen peores resultados en las variantes 2, con revestimiento interior y perfilera de madera, aunque los espesores sean siempre mayores en las soluciones constructivas de variante 2. En estos casos las prestaciones son tan bajas que no llegarían para cumplir valores mínimos del CTE.
  - En los diferentes cálculos de acústica se ha comprobado que la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilera o soportes anti-vibratorios mejoran las prestaciones.
- Térmica:
  - La incorporación de trasdosados en las soluciones constructivas implica en todos los casos una disminución de la transmitancia térmica, y por tanto un mejor comportamiento de aislamiento térmico de la solución.
  - Existen valores muy dispares entre transmitancias térmicas en soluciones con CLT o entramado, lo cual no permite conocer con los datos existentes que tipología constructiva se comporta mejor térmicamente.
  - A pesar de ser la madera un material aislante, la utilización de un mayor número de elementos de madera no influye significativamente en reducir la transmitancia térmica de la solución constructiva.
- A modo global los mejores resultados en prestaciones constructivas se obtienen cuando se combinan elementos de madera en la estructura con trasdosados formados por perfilera metálica y revestimientos interiores de yeso.

### *Futuras líneas de trabajo*

El presente estudio profesional, continúa con la labor del Grupo Operativo Construcción Madera Sostenible. Como líneas futuras de trabajo, se debe aumentar la cantidad de soluciones constructivas analizadas y seguir completando con variantes, con el objetivo de ofrecer un amplio rango de información, lo más completa y con la mayor utilidad posible.

Estas podrían ser además:

- Estudiar la inclusión de un mayor tipo de productos de madera innovadores en el sector de la construcción.
- Continuar ampliando el número de fichas de productos tipo de las distintas familias de productos.
- Analizar las soluciones constructivas restantes, definir elementos constructivos, determinar materiales y calcular sus prestaciones térmicas, acústicas, de salubridad y fuego.
- Evaluar más variedades dentro de cada solución constructiva establecida:
  - Configurar una variedad genérica para el grosor del aislante, ya que este espesor depende en gran medida de la localización geográfica en la que se construya.
  - Determinar variedades en las que se utilicen aislantes térmicos en base madera con estructuras convencionales que no tengan a la madera como elemento fundamental.
  - Calcular la resistencia de la estructura ante el incendio (mediante estudio de cargas a las que se ve sometida la estructura).
  - Realizar ensayos para el cálculo de prestaciones térmicas, acústicas y de fuego, para evaluar la bondad de los datos calculados.
  - Identificar y calcular posibilidad de puentes térmicos.

Se recogen en el Anexo I las fichas de soluciones constructivas en las que se recopila toda la información técnica obtenida. Cabe destacar que las fichas han sido elaboradas en el marco del proyecto Madera Construcción Sostenible en cuyo desarrollo ha participado la autora de este Trabajo Fin de Máster y que sirven para mostrar el resultado de los trabajos ejecutados.

## 9. Bibliografía

AITIM. “Vivir con madera: Manual de productos”. 2010.

Bowyer J. (1995): *Wood and other raw materials for the 21st century*. Forest Prod J 45 (2) 17–24.

Clark, D., et al. (2012), "Innovative wood-based products, 2011-2012", in Forest Products Annual Market Review 2011-2012, UN ECE, Geneva 10 (<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/13.pdf>)

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. Ministerio de Fomento, España (<http://www.codigotecnico.org>).

Conde García, M., Castro-Nuño Cordero, D.F., Abad Garrido, B., Conde García, M., Fernández-Golfín Seco, J.I., Tenorio Ríos, J.A. (2017), Base de datos de valores ambientales de referencia en los productos de madera para la evaluación de la sostenibilidad en la construcción., Actas del 7º Congreso Forestal. Plasencia.

Conde García, M., Montilla Moreno, S., Abad Garrido, B., Tenorio Ríos, J.A. (2019), Soluciones constructivas en madera. Protección y durabilidad ligada al diseño, XV Congreso Latinoamericano de Patología de Construcción y XVII Congreso de Control de Calidad en la Construcción.

Fernández-Golfín, J.I.; Rivela, B.; Conde, M.; 2011 La sostenibilidad en los productos “técnicos” de madera para la construcción. Monografía Ache: Sostenibilidad y Construcción. 237-259. Barcelona

Fundación Energías Renovables (2016): Definición de edificio verde. (<https://fundacionrenovables.org/que-es-un-edificio-verde/>)

UN Environment and International Energy Agency (2017): Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017. ([https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188\\_GABC\\_en%20%28web%29.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf))

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019. ([https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_PressRelease\\_ES.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_ES.pdf))

Normativa:

UNE-ENV 1995-1-1:1997. EUROCÓDIGO 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

UNE-ENV 1995-1-2. EUROCÓDIGO 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de Estructuras sometidas al fuego.

UNE-EN 312:2010. Tableros de partículas. Especificaciones.



UNE-EN 300:2007. Tableros de virutas orientadas (OSB). Definiciones, clasificación y especificaciones.

UNE-EN 636:2012+A1:2015. Tableros contrachapados. Especificaciones.

UNE-EN 14279:2007+A1:2009. Madera microlaminada (LVL). Definiciones, clasificación y especificaciones.

UNE-EN 12775:2001. Tableros de madera maciza. Clasificación y terminología.

UNE-EN 14081-1:2016. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 15497:2014. Madera maciza estructural con empalmes por unión dentada. Requisitos de prestación y requisitos mínimos de fabricación.

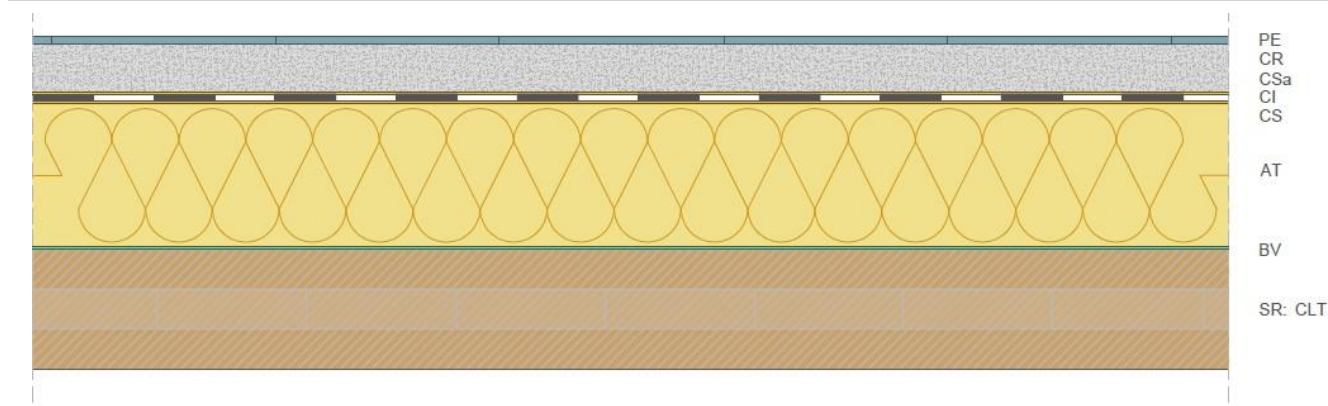
UNE-EN 14080:2013. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos.

UNE-EN 14080:2013. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos.

UNE-EN 14279:2007+A1:2009. Madera microlaminada (LVL). Definiciones, clasificación y especificaciones.

## CPT NVSFC-CLT

*Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, CLT*



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT7	Poliestireno extruido	100	32	0,036	1450	160
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50

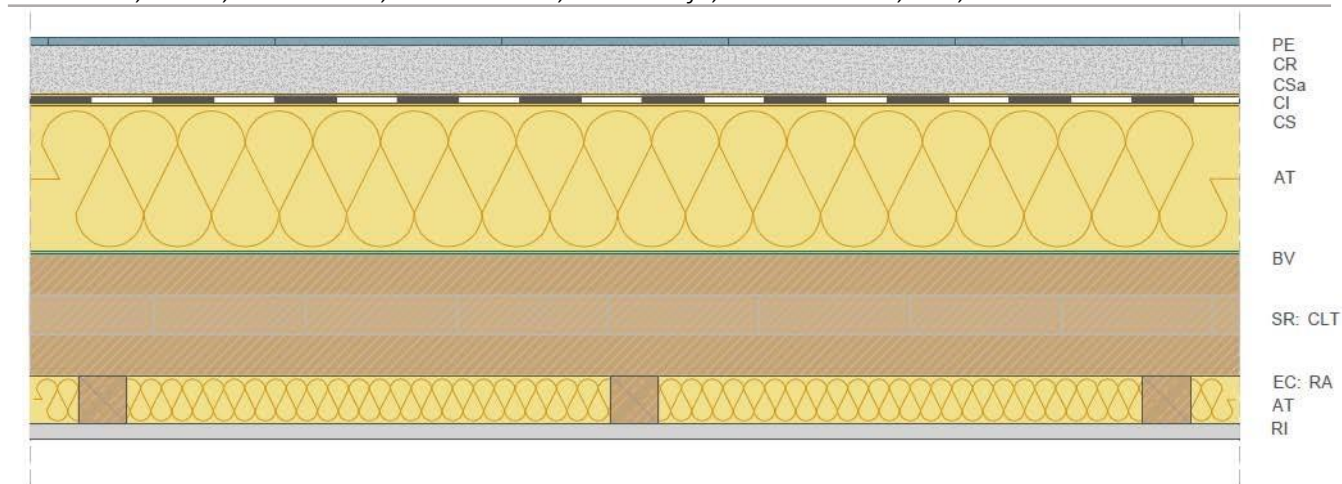
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT7, SR:CLT1	253,4	30	0,26	147,17	54	50
V2: AT4, SR:CLT2	273,4	30 (1)	0,27	170,39	55	50

- (1) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.
- (2) Todas las cubiertas planas deben llevar una formación de pendientes para la evacuación de agua, que no se encuentra representada en el esquema.

## CPT NVSFC-CLT t

Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, CLT, trasdosado



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT7	Poliestireno extruido	100	32	0,036	1450	160
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1

AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

#### Prestaciones solución constructiva

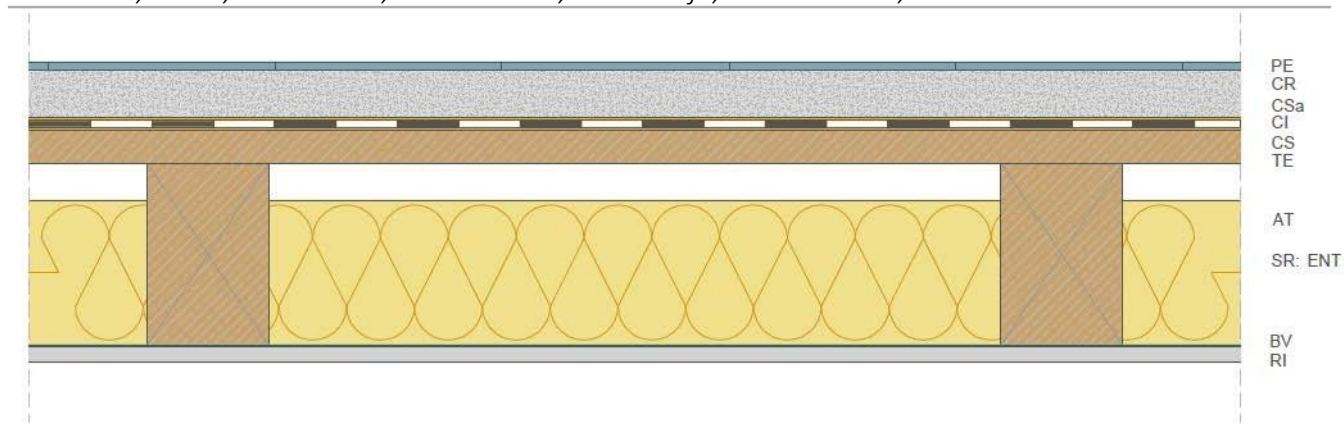
	Espesor total	EI	HE	HR		
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT7, SR:CLT1, EC:RA1, AT3,RI1	305,9	30	0,20	163,32	65	60
V2: AT4,SR:CLT2, EC:RA2, AT6,RI2	331,4	30 (2)	0,21	188,10	60	54

- (1) La separación considerada entre rastreles del trasdosado es de 40 cm
- (2) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor y AT6 es un aislante de lana de roca de 40 mm de espesor.



## CPT NVSFC-ENT

*Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, Entramado*



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
TE	Tablero Estructural
AT	Aislante Térmico
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
BV	Barrera de Vapor
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

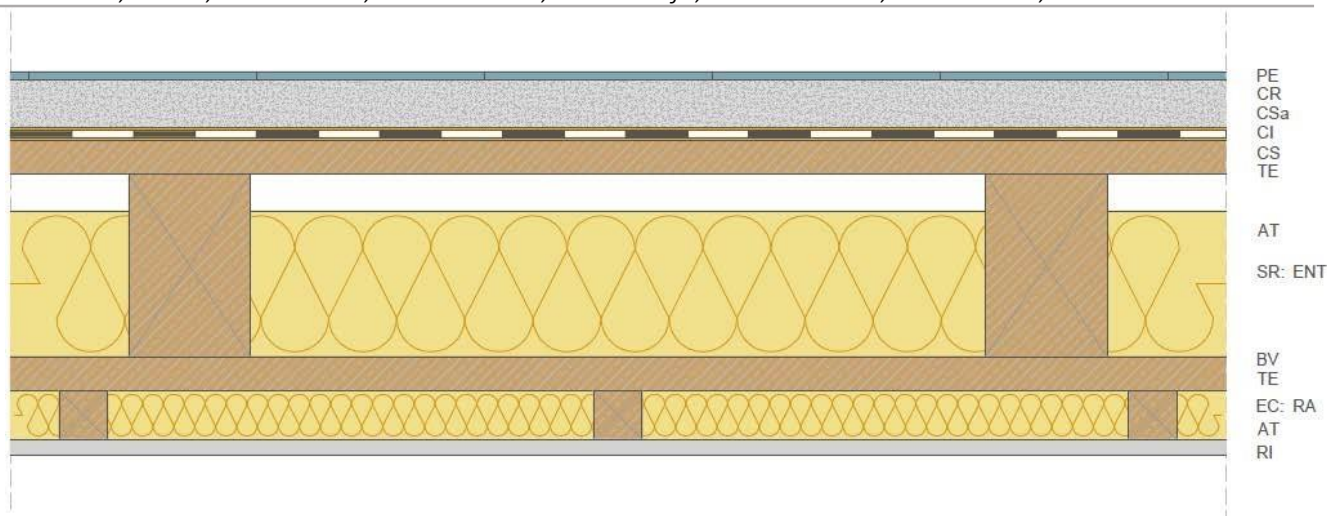
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE	HR		
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1	213,9	30	0,32	127,41	49	44
V2: AT4, SR:ENT2	249,4	30 (1)	0,36	152,16	48	43

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60 cm.
- (2) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## CPT NVSFC-ENT t

*Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, Entramado, trasdosado*



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
TE	Tablero Estructural
AT	Aislante Térmico
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
BV	Barrera de Vapor
TE	Tablero Estructural
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20

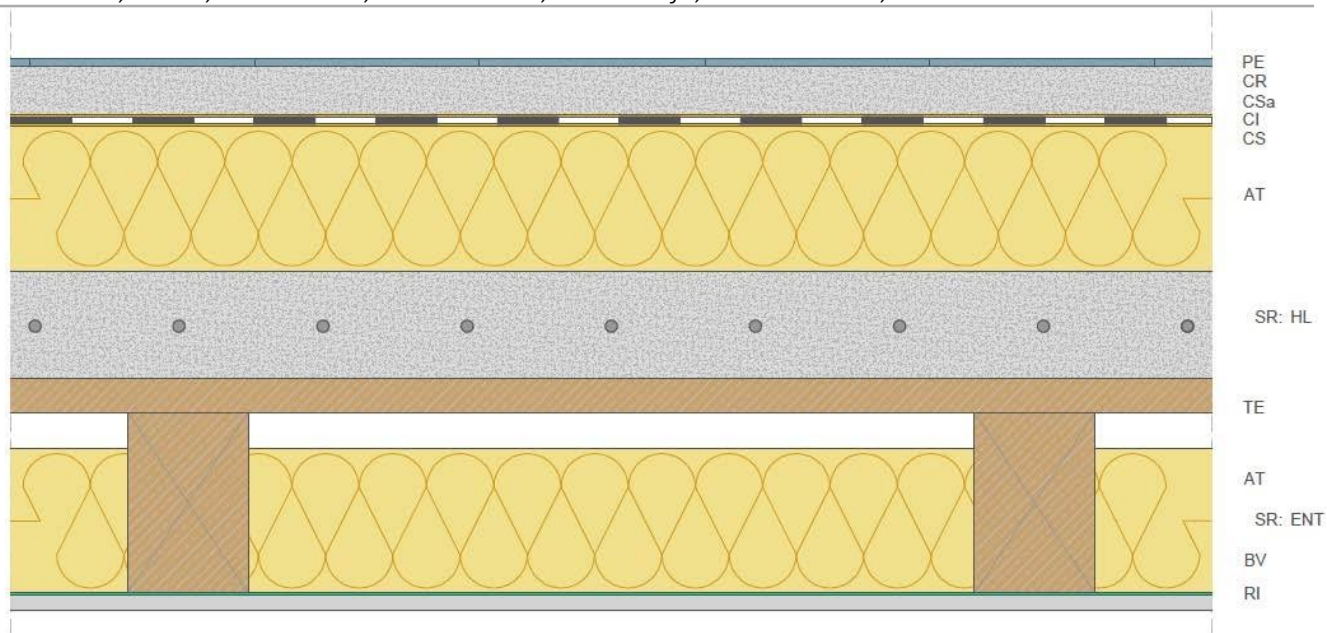
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

Prestaciones solución constructiva						
	Espesor total	EI	HE	HR		
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, EC:RA1, AT3, RI1	281,9	60	0,23	150,51	61	57
V2: AT4, SR:ENT2, EC:RA2, AT6, RI2	317,4	30 (3)	0,26	178,16	57	53

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60cm.
- (2) La separación considerada entre rastreles del trasdosado es de 40cm.
- (3) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## CPT NVSFC-MX

*Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, Mixto*



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
AT	Aislante Térmico
SR: HL	Soporte Resistente: hormigón ligero
TE	Tablero Estructural
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT7	Poliestireno extruido	100	32	0,036	1450	160
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
SR: HL1	Hormigón Ligero	90	2300	1,8	1000	75
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20



SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

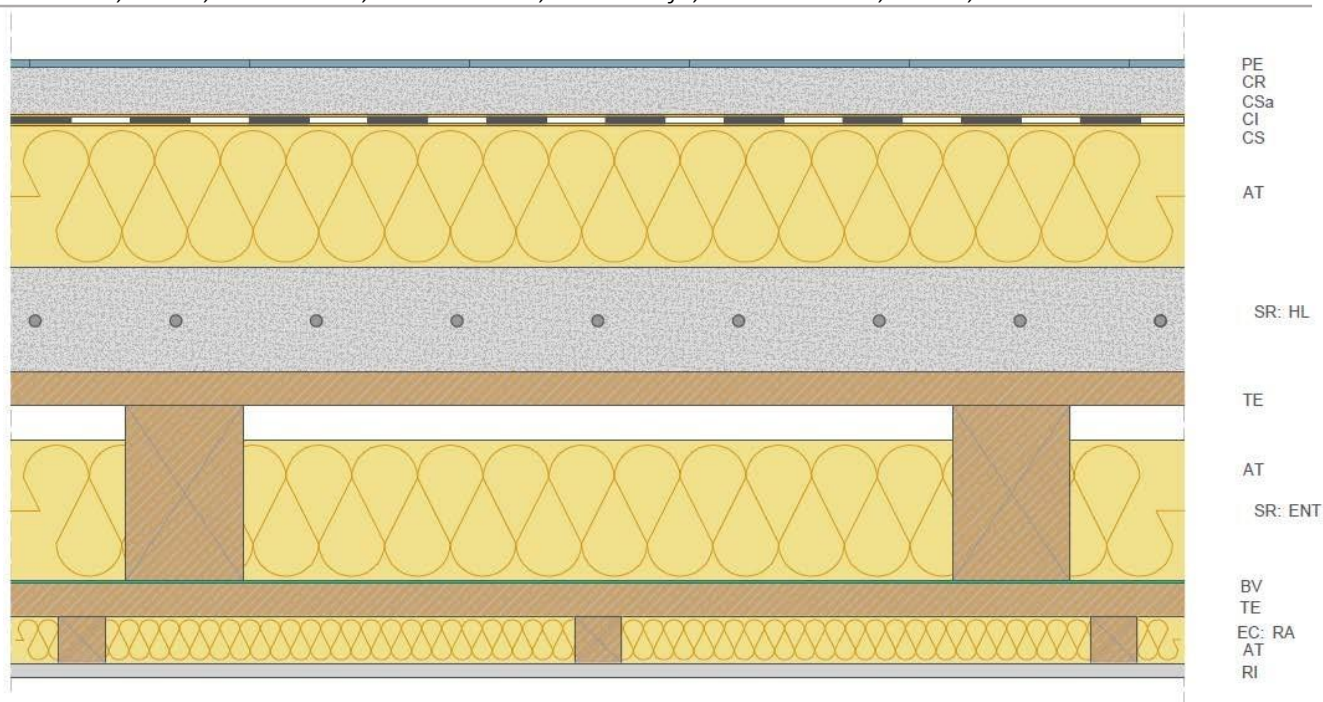
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE	HR		
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT7, SR:ENT1	403,7	60	0,17	354,99	66	61
V2: AT4, SR:ENT2	439,2	60 (2)	0,18	362,18	66	61

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60 cm.
- (2) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## CPT NVSFC-MX t

*Cubierta , Plana, Transitable, No ventilada, Solado Fijo, Convencional, Mixto, trasdosado*



PE	Protección Exterior
CR	Capa de Regularización
CS	Capa Separadora
CI	Capa Impermeabilizante
CS	Capa Separadora
AT	Aislante Térmico
SR: HL	Soporte Resistente: hormigón ligero
TE	Tablero Estructural
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
TE	Tablero Estructural
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
PE1	Baldosa	6	2000	1	800	30
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
CI1	PVC	5	1390	0,17	900	50000
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT7	Poliestireno extruido	100	32	0,036	1450	160
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
SR: HL1	Hormigón Ligero	90	2300	1,8	1000	75

TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

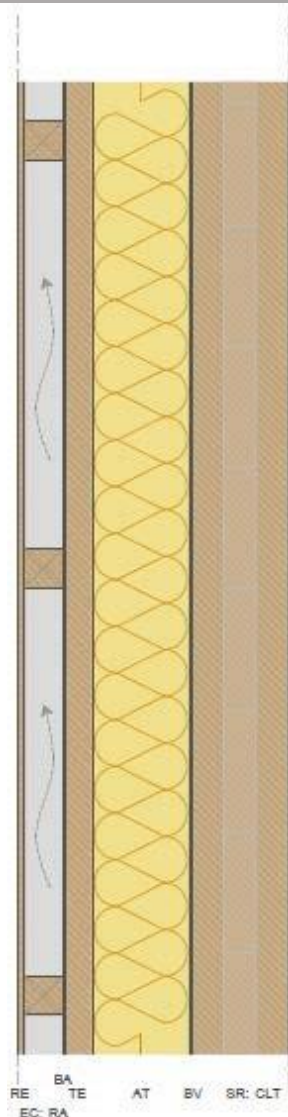
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE	HR		
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT7, SR:ENT1, EC:RA1, AT3,RI1	471,7	60	0,16	378,09	66	61
V2: AT4, SR:ENT4, EC:RA2, AT6, RI2	507,2	60 (3)	0,15	388,18	66	61

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60cm.
- (2) La separación considerada entre rastreles del trasdosado es de 40cm.
- (3) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## FAP CLT - CV

*Fachada, Pesada, CLT, Cámara ventilada*



RE	Revestimiento Exterior
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
BA	Barrera Antihumedad transpirable
TE	Tablero Estructural
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
BA	Barrera antihumedad transpirable	0,5	260	0,5	1800	100000
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0

SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50

#### Prestaciones solución constructiva

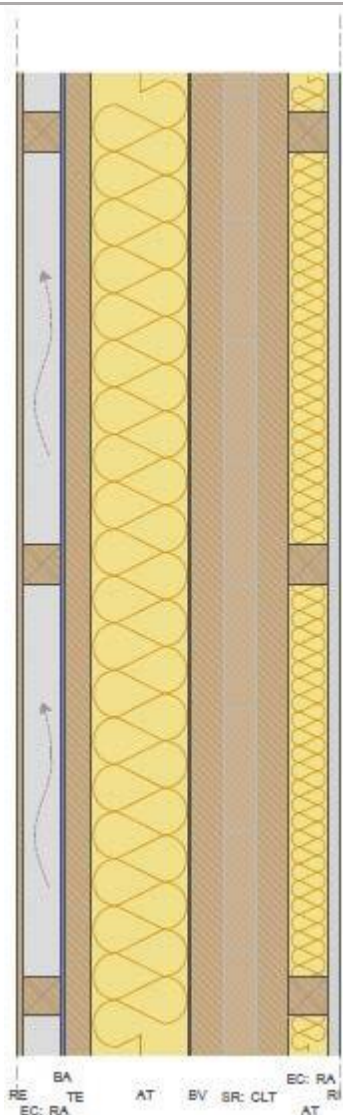
	Espesor total	EI	HS	HE	HR		
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:CLT1	298,7	60 30	≤ 5	0,23	91,63	36	31
V2: AT4, SR:CLT2	318,7	60 30 (3)	≤ 5	0,25	107,63	37	32

- (1) La distancia considerada entre los rastreles que conforman la cámara de aire ventilada exterior es de 40 cm
- (2) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior
- (3) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.
- (4) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.



## FAP CLT - CV t

*Fachada, Pesada, CLT, Cámara ventilada, trasdosado*



- RE Revestimiento Exterior
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- BA Barrera Antihumedad transpirable
- TE Tablero Estructural
- AT Aislante Térmico
- BV Barrera de Vapor
- SR: CLT Soporte Resistente: madera contralaminada
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- AT Aislante Térmico
- RI Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
BA	Barrera antihumedad transpirable	0,5	260	0,5	1800	100000
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50

SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

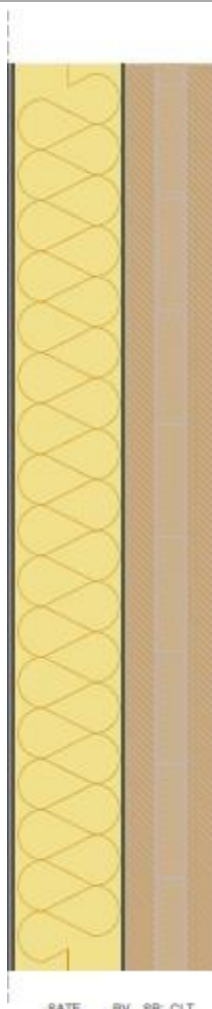
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR		
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:CLT1, EC:RA1, AT3,RI1	351,2	60 30	≤ 5	0,21	106,54	47	40
V2: AT4, SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	376,7	30 30 (4)	≤ 5	0,20	125,34	48	40

- (1) La distancia considerada entre los rastreles que conforman la cámara de aire ventilada exterior es de 40 cm
- (2) La distancia considerada entre los rastreles que conforman el trasdosado interior es de 40 cm
- (3) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior
- (4) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.
- (5) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.

## FAP CLT - SATE

*Fachada, Pesada, CLT, SATE*



SATE Sistema de Aislamiento Térmico Exterior  
BV Barrera de Vapor  
SR: CLT Soporte Resistente: madera contralaminada

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior	120	32	0,036	1450	160
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50

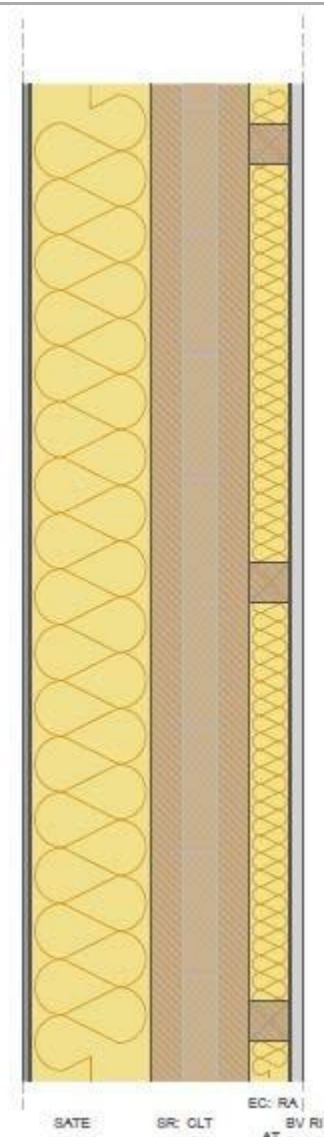
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)    RATR (dBA)
V1: SR:CLT1	220	60 30	≤ 4	0,23	48,84	
V2: SR:CLT2	240	60 30	≤ 4	0,23	57,84	

(1) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.

## FAP CLT - SATE t

*Fachada, Pesada, CLT, SATE, trasdosado*



SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
BV	Barrera de Vapor
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior	120	32	0,036	1450	160
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1



RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

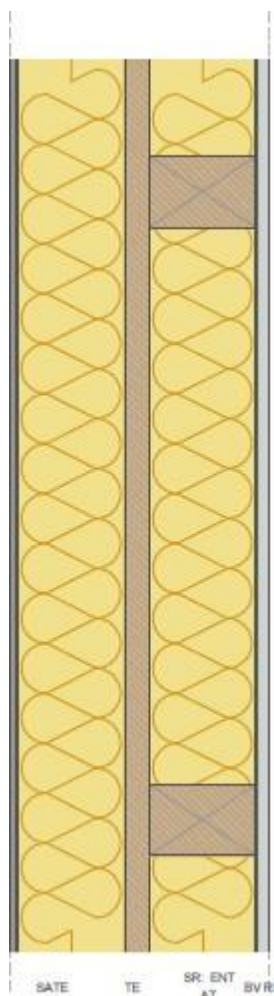
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)    RATR (dBA)
V1: SR:CLT1, EC:RA1, AT3, RI1	272,5	60 30	≤ 4	0,18	64,99	
V2: SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	298	30 30 (3)	≤ 4	0,19	75,54	

- (1) La distancia considerada entre los rastreles que conforman el trasdosado interior es de 40 cm.
- (2) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.
- (3) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT6 es un aislante de lana de roca de 40 mm de espesor.

## FAL ENT - SATE

*Fachada, Ligera, Entramado, SATE*



SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
TE	Tablero Estructural
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior	120	32	0,036	1450	160
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

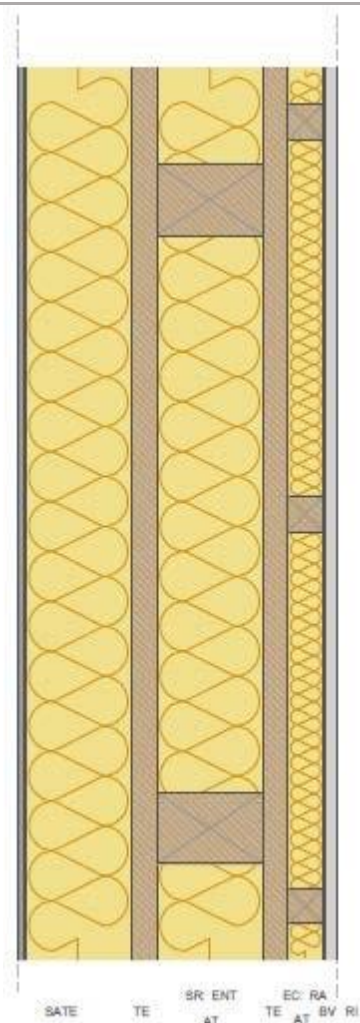
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA) RATR (dBA)
V1: SR:ENT1, AT1, RI1	280,5	30-60 (3) 30	≤ 4	0,16	49,84	51 48
V2: SR:ENT2, AT4, RI2	310,5	30 30 (4)	≤ 4	0,17	57,95	53 50

- (1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.
- (2) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.
- (3) En este tipo de fachada si se utiliza un doble revestimiento interior de yeso (RIx2), se cumple EI60.
- (4) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.
- (5) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.

## FAL ENT - SATE t

*Fachada, Ligera, Entramado, SATE, trasdosado*



SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
TE	Tablero Estructural
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
TE	Tablero Estructural
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior	120	32	0,036	1450	160
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1

AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

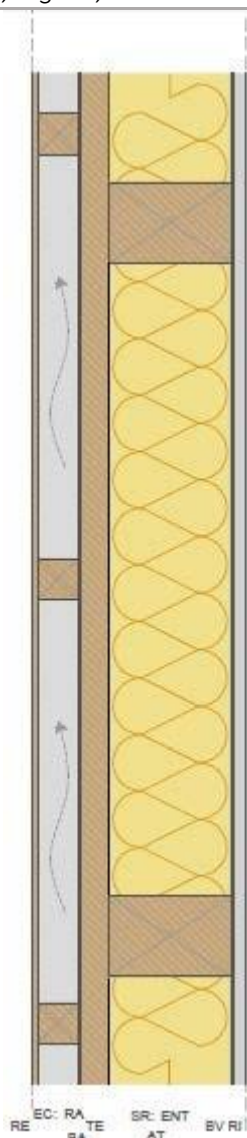
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR		
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: SR:ENT1, EC:RA1, AT3,RI1	348,5	30-60 (4) 30	≤ 4	0,15	71,70	53	48
V2: SR:ENT2, EC:RA2, AT6, RI2	384	30 30 (5)	≤ 4	0,14	82,61	54	49

- (1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.
- (2) La distancia considerada entre los rastreles que forman el trasdosado interior es de 40 cm.
- (3) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.
- (4) En este tipo de fachada si se utiliza un doble revestimiento interior de yeso (RIx2), se cumple EI60.
- (5) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor y AT6 un aislante de lana de roca de 40 mm .
- (6) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.

## FAL ENT - Cva

*Fachada, Ligera, Entramado, Cámara ventilada, Protección discontinua*



- RE Revestimiento Exterior
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- BA Barrera Antihumedad transpirable
- TE Tablero Estructural
- SR: ENT Soporte Resistente: entramado
- AT Aislante Térmico
- BV Barrera de Vapor
- RI Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	$C_p$ (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
BA	Barrera antihumedad transpirable	0,5	260	0,5	1800	100000
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1



AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

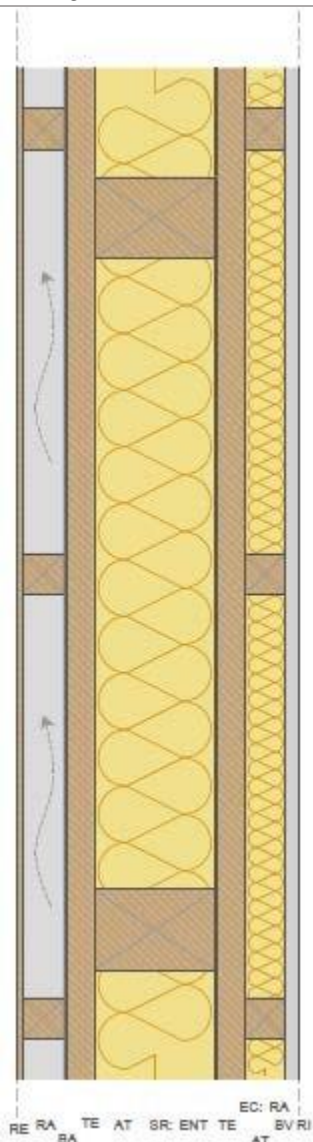
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)    RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, RI1	231,2	30-60 (4) 30	≤ 5	0,31	74,50	
V2: AT4, SR:ENT2, RI2	261,2	30 30 (5)	≤ 5	0,36	88,92	

- (1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.
- (2) La distancia considerada entre los rastreles que forman la cámara de aire ventilada exterior es de 40 cm.
- (3) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.
- (4) En este tipo de fachada si se utiliza un doble revestimiento interior de yeso (RIx2), se cumple EI60.
- (5) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor y AT6 un aislante de lana de roca de 40 mm .

## FAL ENT - Cva t

*Fachada, Ligera, Entramado, Cámara ventilada, Protección discontinua, trasdosado*



- RE Revestimiento Exterior
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- BA Barrera Antihumedad transpirable
- TE Tablero Estructural
- SR: ENT Soporte Resistente: entramado
- AT Aislante Térmico
- BV Barrera de Vapor
- TE Tablero Estructural
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- AT Aislante Térmico
- RI Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
BA	Barrera antihumedad transpirable	0,5	260	0,5	1800	100000
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1

BV	Lámina PVC	0,2	900	0,33	2200	0
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

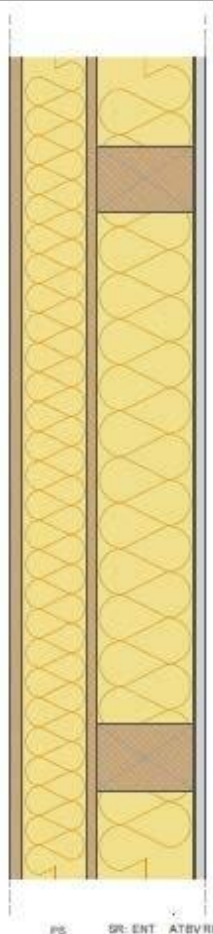
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA) RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, EC:RA1, AT3, RI1	299,2	30-60 (4) 30	≤ 5	0,22	97,60	
V2: AT4, SR:ENT2, EC:RA2, AT6, RI2	334,7	30 30 (5)	≤ 5	0,25	113,58	

- (1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.
- (2) La distancia considerada entre los rastreles que forman la cámara de aire ventilada exterior es de 40 cm. La distancia considerada entre rastreles del trasdosado interior es de 40 cm.
- (3) Se aportan dos valores de EI para cada variante, el primero corresponde al caso en el que el fuego afecta por la cara interior, y el segundo al caso en el que el fuego afecta por la cara exterior.
- (4) En este tipo de fachada si se utiliza un doble revestimiento interior de yeso (RIx2), se cumple EI60.
- (5) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor y AT6 un aislante de lana de roca de 40 mm .

## FAL PS

### Fachada, Ligera, Panel Sándwich



PS	Panel Sándwich
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
PS	Panel Sándwich	106	166,6	0,2624	0	0
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

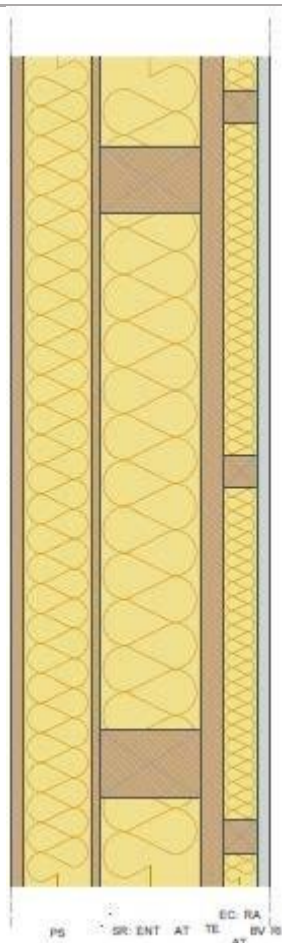
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)    RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, RI1	238,5	-	≤ 4	0,35	45,46	
V2: AT4, SR:ENT2, RI2	304	-	≤ 4	0,32	68,72	

(1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.

## FAL PS - IS t

*Fachada, Ligera, Panel Sándwich, trasdosado*



PS	Panel Sándwich
SR: ENT	Soporte Resistente: entramado
AT	Aislante Térmico
BV	Barrera de Vapor
TE	Tablero Estructural
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RE1	Paneles madera	30	550	0,15	0	0
PS	Panel Sándwich	106	166,6	0,2624	0	0
AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064	0	0
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0



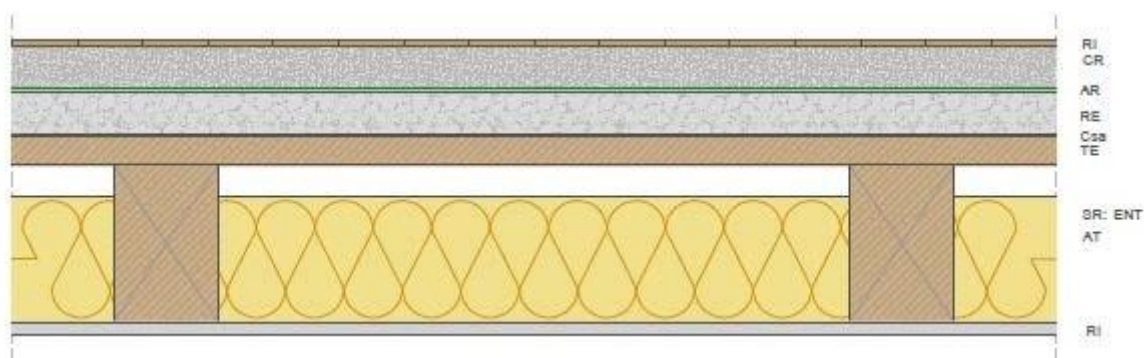
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HS	HE	HR	
			GI	U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, EC:RA1, AT3,RI1	306,5	-	≤ 4	0,22	67,32	
V2: AT4, SR:ENT2, EC:RA2, AT6, RI2	372	-	≤ 4	0,24	94,73	

- (1) La distancia considerada entre elementos verticales del entramado es de 60 cm.
- (2) La distancia considerada entre rastreles del trasdosado interior es de 40 cm.

## FO ENT - EO

### Forjado, Entramado, Estructura oculta



RI	Revestimiento Interior
CR	Capa de Regularización
AR	Aislante a ruido de impactos
RA	Relleno Árido ligero
CS	Capa Separadora
TE	Tablero Estructural
SR:	Soporte Resistente: entramado
ENT	
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI4	Suelo madera	10	550	0,15	0	0
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064	0	0
RA	Relleno árido ligero perlita	40	1000	0,41	1000	10
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

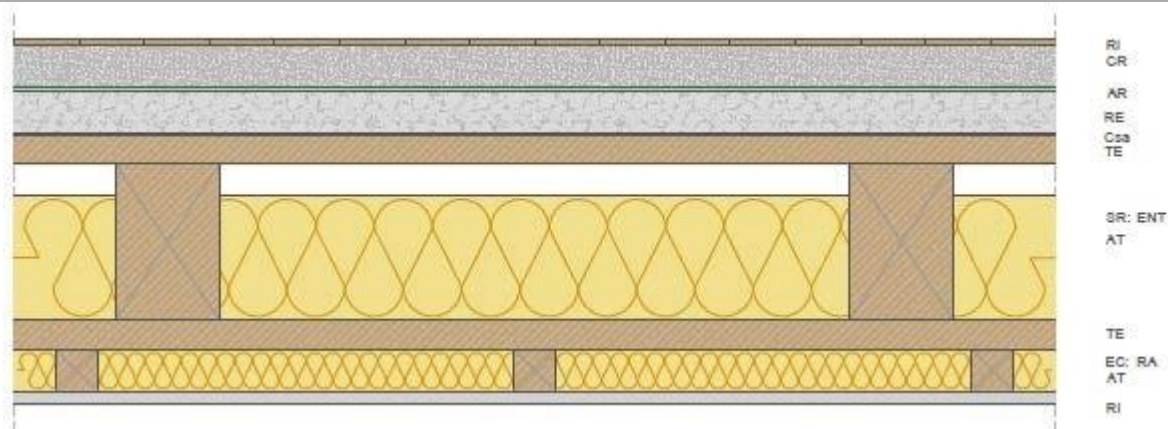
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, RI1	254,7	30	0,31	153,78		
V2: AT4, SR:ENT2, RI2	290,2	30 (2)	0,34	179,13		

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60 cm.
- (2) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## FO ENT - EO t

*Forjado, Entramado, Estructura oculta, trasdosado*



RI	Revestimiento Interior
CR	Capa de Regularización
AR	Aislante a ruido de impactos
RA	Relleno Árido ligero
CS	Capa Separadora
TE	Tablero Estructural
SR:	Soporte Resistente: entramado
ENT	
AT	Aislante Térmico
TE	Tablero Estructural
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI4	Suelo madera	10	550	0,15	0	0
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064	0	0
RA	Relleno árido ligero perlita	40	1000	0,41	1000	10
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
SR: ENT1	Perfil madera maciza	120	550	0,18	1600	20
SR: ENT2	Perfil madera maciza	150	550	0,18	1600	20
AT1	Lana de roca	100	100	0,035	0	1
AT4	Tablero aislante fibra madera	100	170	0,04	0	1

EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0

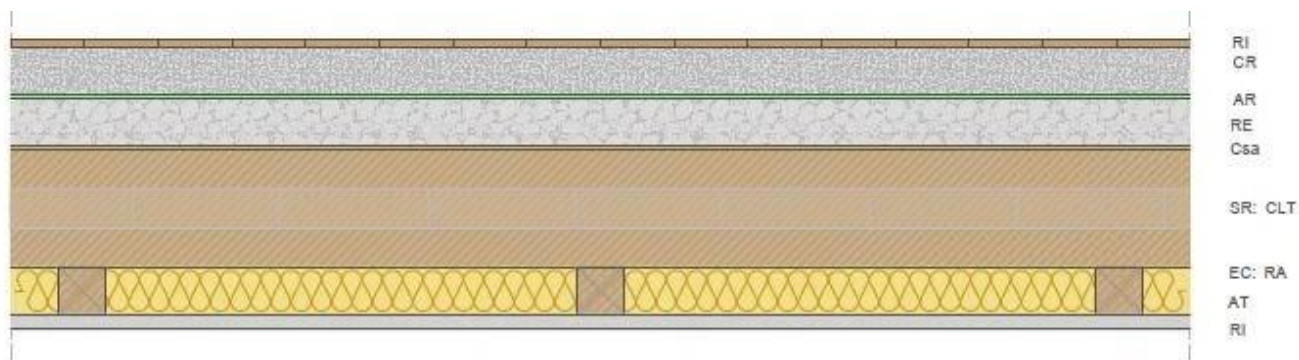
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT1, SR:ENT1, EC:RA1, AT3,RI1	322,7	30-60	0,23	176,88		
V2: AT4, SR:ENT2, EC:RA2, AT6, RI2	358,2	30 (2)	0,25	205,13		

- (1) La separación considerada entre viguetas del entramado es de 60 cm.
- (2) La separación considerada entre rastreles del trasdosado es de 40 cm.
- (3) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor.

## FO CLT - T

### Forjado, CLT, Trasdoso



RI	Revestimiento Interior
CR	Capa de Regularización
AR	Aislante a ruido de impactos
RA	Relleno Árido ligero
CS	Capa Separadora
TE	Tablero Estructural
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AT	Aislante Térmico
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	$C_p$ (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI4	Suelo madera	10	550	0,15	0	0
CR1	Mortero Cemento	40	2000	1,8	1000	10
CS1	Geotextil antipunzonante	1,1	120	0,05	130	15
AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064	0	0
RA	Relleno árido ligero perlita	40	1000	0,41	1000	10
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	50
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0



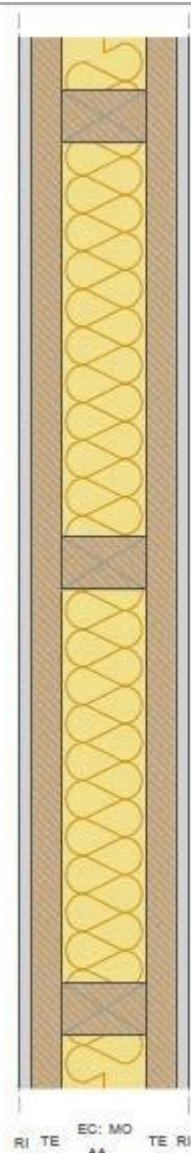
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE	HR	RA (dBA)	RATR (dBA)
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )		
V1: SR:CLT1, EC:RA1, AT3,RI1	284,7	30	0,44	142,68		
V2: SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	272,2	30 (2)	0,42	198,07		

- (1) La separación considerada entre rastreles del trasdosado es de 40 cm
- (2) La metodología aplicada solo permite la utilización de aislantes ignífugos, así que en este caso AT4 es un aislante de lana de roca de 100 mm de espesor y AT6 es un aislante de lana de roca de 40 mm de espesor.

## P TAB MON

### Particiones, Tabiquería, Entramado



RI	Revestimiento Interior
TE	Tablero Estructural
EC: MO	Elemento de Compartimentación: montante
AA	Absorbente Acústico
TE	Tablero Estructural
RI	Revestimiento Interior

### Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
AT2	Lana de roca	70	100	0,035	0	1
AT5	Tablero aislante fibra madera	70	170	0,04	0	1
EC: MO1	Montante madera maciza	70	540	0,13	0	0

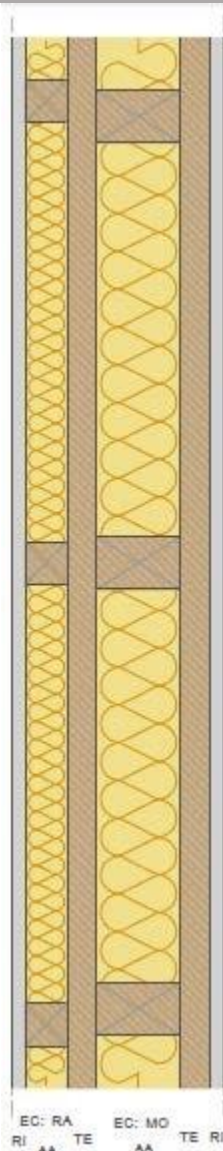
## Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m²/K)]	m (kg/m²)	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT2, RI1	151	-	0,31	57,47		
V2: AT5, RI2	162	-	0,40	70,43		

(1) La distancia entre montantes verticales es de 60 cm.

## P TAB MON t

Particiones, Tabiquería, Entramado, trasdosado



RI	Revestimiento Interior
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AA	Absorbente Acústico
TE	Tablero Estructural
EC: MO	Elemento de Compartimentación: montante
AA	Absorbente Acústico
TE	Tablero Estructural
RI	Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
TE 1	Tablero Estructural OSB	28	650	0,13	1700	30
AT2	Lana de roca	70	100	0,035	0	1

AT5	Tablero aislante fibra madera	70	170	0,04	0	1
EC: MO1	Montante madera maciza	70	540	0,13	0	0

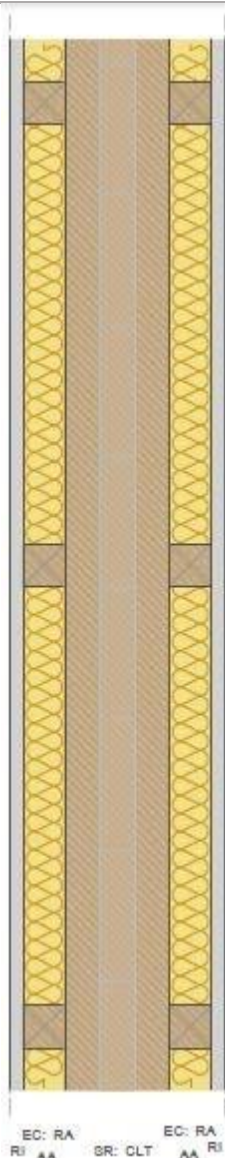
#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: AT2, EC:RA1, AT3, RI1	191	-	0,28	69,02	50	47
V2: AT5, EC:RA2, AT6, RI2	133,1	-	0,31	74,89	43	37

- (1) La distancia entre montantes verticales es de 60 cm.
- (2) La distancia entre los rastreles que forman el trasdosado es de 40 cm.
- (3) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.

## P SEU CLT 2t

### Particiones, Separación Entre Usuarios, CLT, Doble Trasdoso



- RI Revestimiento Interior
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- AA Absorbente Acústico
- SR: CLT Soporte Resistente: madera contralaminada
- AA Absorbente Acústico
- EC: RA Elemento de Compartimentación: rastel
- RI Revestimiento Interior

## Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50



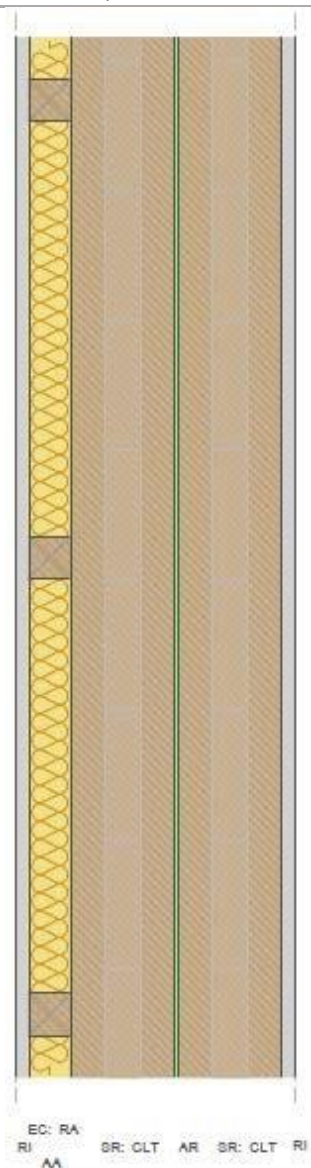
### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: SR:CLT1, EC:RA1, AT3, RI1	205	-	0,32	74,70	60	53
V2: SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	236	-	0,32	89,41	43	37

- (1) La distancia entre los rastreles que forman el trasdosado es de 40 cm.
- (2) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilera o soportes anti-vibratorios.

## P SEU 2CLT t

### Particiones, Separación Entre Usuarios, Doble CLT, Trasdosado



RI	Revestimiento Interior
EC: RA	Elemento de Compartimentación: rastel
AA	Absorbente Acústico
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
AR	Aislante a ruido de impactos
SR: CLT	Soporte Resistente: madera contralaminada
RI	Revestimiento Interior

### Caracterización de materiales

	Material	Espesor (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)	Cp (J/kg.K)	$\mu$ (adim.)
RI1	Placa yeso	12,5	900	0,25	0	280
RI2	Tablero madera	18	550	0,156	0	0
AT3	Lana de roca	40	100	0,035	0	1
AT6	Tablero aislante fibra madera	40	170	0,04	0	1
EC: RA1	Perfilería metálica	40	350	0,13	0	0
EC: RA2	Listones de madera	40	450	0,15	1600	20
SR: CLT1	Madera contralaminada	100	450	0,13	0	50
SR: CLT2	Madera contralaminada	120	450	0,13	0	50

AR	Aislante a ruido de impacto	2	300	0,064	0	0
----	--------------------------------	---	-----	-------	---	---

#### Prestaciones solución constructiva

	Espesor total	EI	HE		HR	
			U [W/(m <sup>2</sup> /K)]	m (kg/m <sup>2</sup> )	RA (dBA)	RATR (dBA)
V1: SR:CLT1, EC:RA1, AT3, RI1	267	-	0,35	73,76	61	53
V2: SR:CLT2, EC:RA2, AT6, RI2	318	-	0,31	136,21	54	50

- (1) La distancia entre los rastreles que forman el trasdosado es de 40 cm.
- (2) Para los cálculos acústicos se considera la utilización de bandas acolchadas en el anclaje de la perfilería o soportes anti-vibratorios.